سلسلة المشاريع الالكترونية (٧)

دوائر عملية

لأجهزة الفحص والقياس

م. أحمد عبد المتعال

م. حمدي السيد متولي



دوائـر عمليـة لأجهـزة

الفحص والقيـــاس

بسم الله الرحمن الرحيم

سلسلة المشاريع الالكترونية (٧)

دوائر عملية لأجهزة الفحص والقياس

إعـــداد

م.أحمد عبد المتعال

م. حمدى السيد متولى

الكتـــــاب : دوائر عملية لأجهزة الفحص والقياس

(سلسلة المشاريع الالكترونية - ٧)

المؤلـــــف : م. أحمد عبد المتعال - م. حمدى السيد متولى

تصميم الغلاف : م. حسن سعيد

رقم الطبعـة : الأولى

تاريخ الإصدار : ١٤٢٣هـ - ٢٠٠٢م

حقوق الطبع : محفوظة للناشر

الناشـــــر : دار النشر للجامعات

رقم الإيداع : ٩٧/١٣٧٤٥

الترقيم الدولى : ISBN: 977 - 5526 - 88 - 4

الـــكـــود : ٢/٨٨

دار النشر للجامعات - مصر

ص . ب ١٣٠ محمد فريد ١١٥١٨ القاهرة، تليفاكس: ٤٥٠٢٨١٢

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ ﴿١٥﴾ ﴾ [**الأحقاف** : ١٥] .

صدق الله العظيم

شـــكر وتقديـــــر

نتقدم بخالص الشكر للدكتور / **محمد عبد الرحمن زين الدين** - بكلية الهندسة الالكترونية بمنوف – مصر.

كما نتقدم بخالص الشكر لكل من قدَّم لنا يد المعاونة فى إعداد هذا الكتاب وجزاهم الله خير الجزاء.

المؤلفـان



المحتويات

الموضوع **الصفحة**

الباب الأول

أجهزة الفحص والقياس

١ / ١- مقدمة ١٣

١ / ٢- الأميترات والڤولتميترات ١٣

١ / ٢ / ١- أجهزة القياس ذات الملف المتحرك ١٤

١ / ٢ / ٢- الأميترات متعددة التدريج ١٥

١ / ٢ / ٣- الڤولتميترات متعددة التدريج ١٦

١ / ٣- الأوميتر ذو الملف المتحرك ١٧

١ / ٤- جهاز الآڤوميتر AVO meter ١٨

١ / ٥- أجهزة الاختبار والفحص ١٩

١ / ٥ / ١- أجهزة اختبار الدوائر الرقمية ٢٠

١ / ٥ / ٢- أنواع أعطال الدوائر الرقمية وطرق اكتشافها ٢١

الباب الثانى

العناصر الالكترونية المستخدمة

فى الدوائر الإلكترونية

٢ / ١- المقـاومـات ٢٩

٢ / ١ / ١- المقاومات الخطية ٢٩

٢ / ١ / ٢- المقاومات الغير خطية ٣٢

٢ / ٢- المكثفات ٣٢

٢ / ٣- عناصر متنوعة ٣٥

٢ / ٣ / ١- المصهرات ٣٦

٢ / ٣ / ٢- المفاتيح اليدوية ٣٧

٢ / ٣ / ٣- الضواغط ٤٠

٢ / ٣ / ٤- ريليهات التحكم ٤٠

٢ / ٣ / ٥- المحولات ٤٢

٢ / ٤- الموحدات Diodes ٤٣

٢ / ٤ / ١- الموحد الباعث للضوء LED ٤٤

٢ / ٤ / ٢- موحد الزينر Zener Diode ٤٥

٢ / ٥- الترانزستور الثنائى القطبية BJT ٤٦

٢ / ٦- الثايرستور SCR ٤٨

٢ / ٧- الترياك Triac ٤٩

٢ / ٨- مكبر العمليات Op - Amp ٥٠

٢ / ٩- الدوائر المتكاملة الرقمية ٥٣

٢ / ١٠- المؤقت الزمنى 555 .... ٥٤

٢ / ١١- مصادر القدرة المنتظمة ٥٥

الباب الثالث

أجهزة اختبار العناصر الالكترونية

٣ / ١- دوائر اختبار الموحدات ٥٩

٣ / ٢- دوائر اختبار ثنائى الزينر ٦٠

٣ / ٣- دوائر اختبار الثايرستور والترياك ٦٥

٣ / ٤- أجهزة فحص الترانزستور ٦٧

الباب الرابع

أجهزة اختبار الدوائر المتكاملة

٤ / ١- دوائر المجسات المنطقية ٨٥

٤ / ٢- أجهزة حقن النبضات ١٠٢

٤ / ٣- دوائر اختبار مكبرات العمليات ١٠٧

٤ / ٤- دوائر فحص المؤقت الزمنى 555 .... ١١٥

الباب الخامس

أجهزة القياس واختبار الاتصال

٥ / ١- أجهزة قياس التردد ١٢١

٥ / ٢- جهاز الأوميتر ١٣٠

٥ / ٣- جهاز قياس فرق الجهد ١٣٤

٥ / ٤- جهاز قياس التيار (الأميتر) ١٣٧

٥ / ٥- جهاز قياس التيار والجهد التناظرى ١٤٠

٥ / ٦- جهاز الآفوميتر التناظرى ١٤٤

٥ / ٧- أجهزة قياس درجة الحرارة ١٥١

٥ / ٨- أجهزة قياس سعة المكثف ١٥٥

٥ / ٩- أجهزة اختبار الاتصال ١٦٧

٥ / ١٠- جهاز كشف تتابع الأوجه ١٧٥

٥ / ١١- جهاز كاشف مسار التيار ١٧٩

ملحق ١- تنفيذ المشاريع الالكترونية ١٨٣

ملحق ٢- أوضاع أرجل أشباه الموصلات المستخدمة فى المشاريع ١٩٢



الباب الأول

أجهزة الفحص والقياس

أجهزة الفحص والقياس

١ / ١- مقدمة

كلمة القياس تعنى المقارنة بين الكمية المطلوب قياسها وكمية عيارية من نفس النوع تؤخذ كوحدة قياس. وجميع الكميات الكهربية مثل شدة التيار - الجهد - المقاومة... إلخ تقاس بأجهزة قياس مناسبة، وعادة تسمى أجهزة القياس تبعًا لوحدة قياس الكمية الكهربية. فجهاز قياس التيار يسمى بجهاز الأميتر، وجهاز قياس الجهد يسمى بجهاز الڤولتميتر، وجهاز قياس المقاومة يسمى بجهاز الأوميتر.

وكذلك يمكن قياس الكميات غير الكهربية مثل: درجة الحرارة، والضوء، والسرعة، ومستوى سائل فى إناء بأجهزة قياس كهربية،؛ وذلك عن طريق تحويل هذه الكميات إلى كميات كهربية ترتبط معها بعلاقة معينة ثم تقاس بجهاز كهربى. ويرجع ذلك لبساطة وحساسية ودقة الأجهزة الكهربية فعلى سبيل المثال: يمكن قياس درجة الحرارة عن طريق تحويلها إلى جهد كهربى بواسطة ازدواج حرارى، وحيث إنه توجد علاقة بين الجهد الكهربى المتولد على أطراف الازدواج الحرارى ودرجة الحرارة؛ لذلك يمكن استخدام جهاز ڤولتميتر حساس لقياس هذا الجهد بعد إعادة تدريجه ليعطى درجة حرارة $C°$ بدلاً من الڤولت.

١ / ٢- الأميترات والڤولتميترات

- **الأميتر**: هو جهاز قياس يستعمل لقياس شدة التيار ويوصل دائمًا على التوالى مع الدائرة المراد قياس شدة التيار المار بها، وحتى لا يحدث هبوط فى الجهد على أطراف الجهاز يجب أن تكون المقاومة الداخلية له صغيرة جداً.

الڤولتميتر: هو جهاز يستعمل لقياس فرق الجهد ويوصل على التوازى مع الدائرة المراد قياس فرق الجهد على طرفيها، وحتى تكون القدرة المستهلكة داخل الڤولتميتر أقل ما يمكن؛ يجب أن يكون التيار المار فيه صغيراً جداً.

ولذلك فإن المقاومة الداخلية لجهاز الڤولتميتر يجب أن تكون كبيرة. ولا يختلف

تركيب جهاز الفولتميتر عن جهاز الأميتر عدا أن المقاومة الداخلية للفولتميتر أكبر منها فى جهاز الأميتر، وكذلك الاختلاف بينهما فى التوصيل مع الدوائر المراد إجراء القياسات بها.

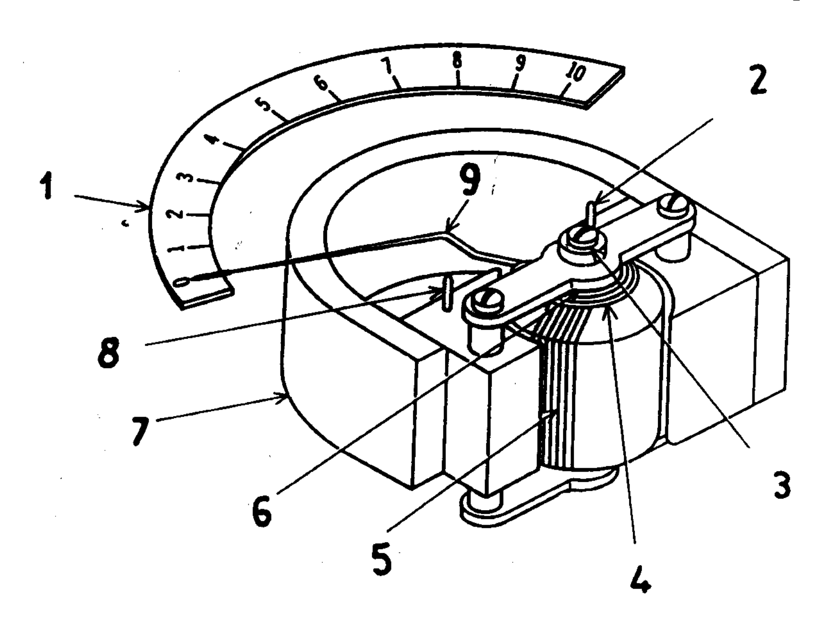
وفيما يلى أهم أنواع أجهزة: الأميتر، والفولتميتر، تبعًا لنظرية التشغيل.

١- الأجهزة ذات الملف المتحرك.

٢- الأجهزة ذات القلب الحديدى المتحرك.

١ / ٢ / ١- أجهزة القياس ذات الملف المتحرك

الشكل (١ - ١) يعرض نموذجًا لجهاز قياس بملف متحرك.



الشكل (١ - ١)

عناصر الشكل:

تدريج قياس	1
مصد لحركة المؤشر جهة عقارب الساعة	2
نقطة معايرة صفر التدريج	3

ياى حلزونى	4
ملف كهربى	5
محور ارتكاز مختفى	6
مغناطيس دائم على شكل حرف U	7
مصد لحركة المؤشر عكس عقارب الساعة	8
المؤشر	9

فعند مرور تيار كهربى فى الملف (5) يتولد مجال مغناطيسى يتناسب شدته مع شدة التيار المار، ويحدث تأثير متبادل بين المجال المغناطيسى للملف الكهربى، والمجال المغناطيسى للمغناطيس الدائم، ويتولد عزم دوران يعمل على تحريك الملف الكهربى المثبت عليه مؤشر الجهاز. ويتوقف المؤشر عند تساوى عزم الدوران الناتج عن تداخل المجالين المغناطيسيين مع العزم المعاكس الناتج عن الياى (4). ويكون توقف المؤشر عند القراءة المقابلة لشدة التيار الكهربى المار فى ملف الجهاز.

مميزات أجهزة القياس ذى الملف المتحرك:

١- حساسيتها عالية بالمقارنة بالأنواع الأخرى.

٢- لها دقة عالية فى القياس.

٣- تدريجها منتظم.

٤- لا تتأثر بتغيير درجة الحرارة.

عيوب هذه الأجهزة:

١- عالية السعر مقارنة بالأنواع الأخرى.

٢- لا تتحمل التيارات الزائدة عن التيار المقنن لها.

٣- تتأثر بالمجالات المغناطيسية القوية المحيطة.

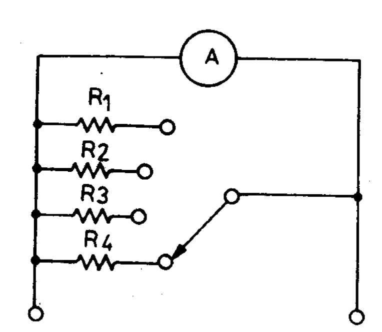
١ / ٢ / ٢- الأميترات متعددة التدريج

تستخدم مجزئات التيار لتغيير مدى قياس أجهزة الأميترات. وهى عبارة عن

مقاومات توصل بالتوازى مع جهاز الأميتر وكل مقاومة تعطى مدى قياس لجهاز الأميتر كما بالشكل (١ – ٢).

مثـــال :

جهاز أميتر مقاومته الداخلية 10 Ω فإذا كان أقصى تدريج للجهاز 0.5A احسب قيمة مجزئ التيار الذى يوصل مع الأميتر لاستخدامه لقياس تيار شدته 5A.



الشكل (١ – ٢)

الحـــل :

$$n = \frac{I_2}{I_1} = \frac{5}{0.5} = 10$$

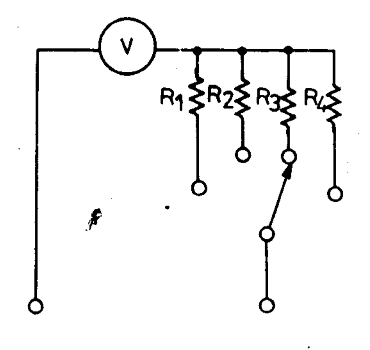
$$R_r = \frac{Ri}{n-1} = \frac{10}{10-1} = 1.1\ \Omega$$

$$P_r = (I_2 - I_1)^2 R_r$$

$$= (5 - 0.5)^2 \times 1.1 = 22.275\ w$$

١ / ٢ / ٣ – الڤولتميترات متعددة التدريج

تستخدم مضاعفات الجهد لتغيير مدى قياس أجهزة الڤولتميترات؛ وهى عبارة عن مقاومات توصل بالتوالى مع جهاز الڤولتميتر، وكل مقاومة تعطى مدى قياس مختلف عن الأخرى كما بالشكل (١ – ٣).



الشكل (١ – ٣)

مثـــال :

جهاز ڤولتميتر مقاومته الداخلية 2kΩ فإذا

كان أقصى تدريج له 50V . احسب مقاومة مضاعف الجهد اللازمة حتى يمكن قياس جهد 250V .

الحـــل:

$$n = \frac{V_2}{V_1} = \frac{250}{50} = 5$$

$$R_r = Ri\,(n - 1)$$

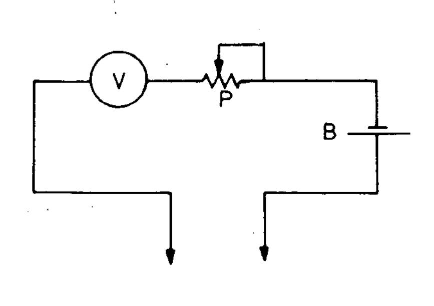
$$= 2 \times 10^3\,(5 - 1) = 8 \times 10^3 = 8k\Omega$$

$$P_r = \frac{(V_2 - V_1)^2}{R_r}$$

$$= \frac{(250 - 50)^2}{8000} = 5w$$

١ / ٣ - الأوميتر ذو الملف المتحرك

هو عبارة عن ڤولتميتر ذو ملف متحرك مزود بتدريج معكوس ومقاومة متغيرة وبطارية كما بالشكل (١ - ٤) فعند توصيل أطراف الجهاز ببعضها، فإن الڤولتميتر يقرأ جهد البطارية ناقص هبوط الجهد على المقاومة المتغيرة. فإذا كان جهد البطارية 1.5V وكان مدى



الشكل (١ - ٤)

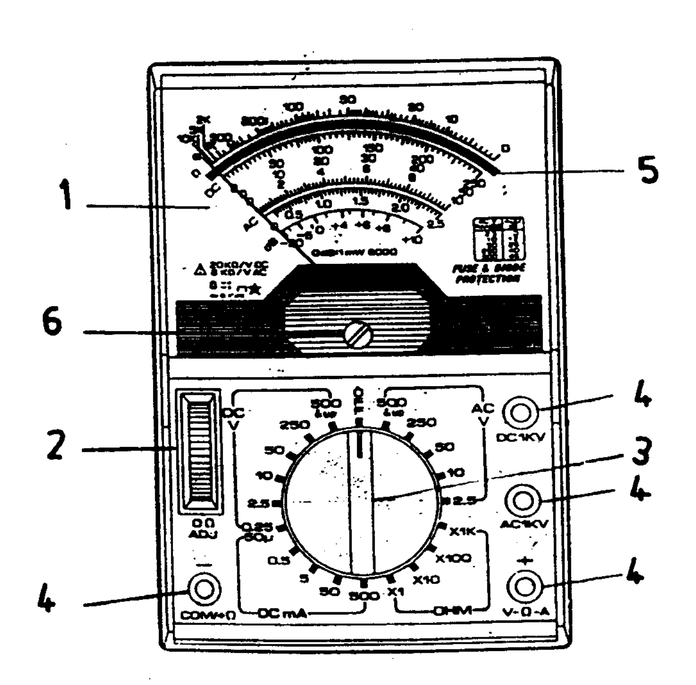
القياس هو 1V فمن الممكن ضبط قيمة المقاومة المتغيرة لنحصل على قراءة التدريج الكامل للڤولتميتر؛ وذلك عند توصيل طرفيه ببعضهما. أى عندما تكون المقاومة بين طرفيه صفراً. وعند توصيل طرفى الجهاز بمقاومة 500Ω مثلاً مع عدم تغيير المقاومة المتغيرة فإن انحراف مؤشر الجهاز يقل، ويمكن وضع علامة 500Ω على تدريج الجهاز عند موضع المؤشر ويمكن بواسطة عدد من المقاومات المعلومة القيمة أن

يدرج الجهاز ليقرأ قيم مقاومات بدلاً من الجهد .

١ / ٤ - جهاز الآڤوميتر AVO meter

جهاز الآڤوميتر هو جهاز شامل يمكن استخدامه كجهاز أميتر أو جهاز ڤولتميتر أو جهاز أوميتر.

وعادة يكون جهاز الآڤوميتر ذا ملف متحرك ومزود بموحدات سليكونية حتى يمكن استخدامه مع التيار المتردد . وعلى ذلك يكون جهاز الآڤوميتر قادراً على قياس الجهد والتيار المتردد والمستمر والمقاومات . وهناك بعض الأجهزة تكون بها إمكانية قياس سعة المكثفات بالميكروفاراد (µ F) وحتى حث الملفات بالمللى هنرى (m H) والشكل رقم (١ - ٥) يعرض جهاز آڤوميتر تناظرى (بمؤشر) .



الشكل(١ - ٥)

محتويات الجهاز

١ - التدريج : ويحتوى على عدة تدريجات :

أ- تدريج المقاومة (∞ : 0).

ب- ثلاثة تدريجات لقياس الجهد المستمر لها أمدية مختلفة وهى:

(0 : 250)، (0 : 50)، (0 : 10).

جـ- تدريج لقياس الجهد المتردد (0 : 2.5).

٢- مفتاح ضبط المؤشر عند الصفر 0ΩAdj ويستخدم هذا المفتاح لضبط مؤشر الجهاز عند الصفر، وذلك عند استخدامه كجهاز أوميتر حتى يتم تعويض الانخفاض فى جهد بطارية الجهاز.

٣- مفتاح الاختيار ويضبط هذا المفتاح على نوع الكمية التى ستقاس بواسطة الجهاز ACV أ، DCV أ، Dc mA أ، ......

٤- أطراف توصيل الجهاز وهى أربعة أطراف توصيل كما يلى: طرف مشترك COM / +Ω، وطرف للجهد والمقاومة والتيار Ω - V - A، وطرف لقياس الجهود العالية المترددة AC 1KV، وطرف لقياس الجهود المستمرة العالية DC 1KV.

٥- مرآة لتسهيل أخذ قراءة الجهاز.

٦- مسمار لضبط وضع المؤشر عند صفر التدريج.

١ / ٥ - أجهزة الاختبار والفحص

يوجد العديد من أجهزة فحص العناصر الالكترونية وتنقسم هذه الأجهزة إلى:

أ- أجهزة فحص العناصر الالكترونية مثل:

١- أجهزة فحص الموحدات.

٢- أجهزة فحص موحدات الزينر.

٣- أجهزة فحص الترانزستور.

٤- أجهزة فحص الثايرستور والترياك.

ب- أجهزة فحص الدوائر المتكاملة:

١- أجهزة فحص مكبرات العمليات.

٢- أجهزة فحص الدوائر المتكاملة طراز 555.

٣- أجهزة فحص الدوائر الرقمية.

والجدير بالذكر أن هذه الأجهزة هى أجهزة الكترونية تختلف نظرية عمل كل منها على أساس تركيبها والغرض منها. وسوف نتناول شرح هذه الأجهزة عند التعرض للدوائر الالكترونية الخاصة بكل منها فى البابين الثالث والرابع.

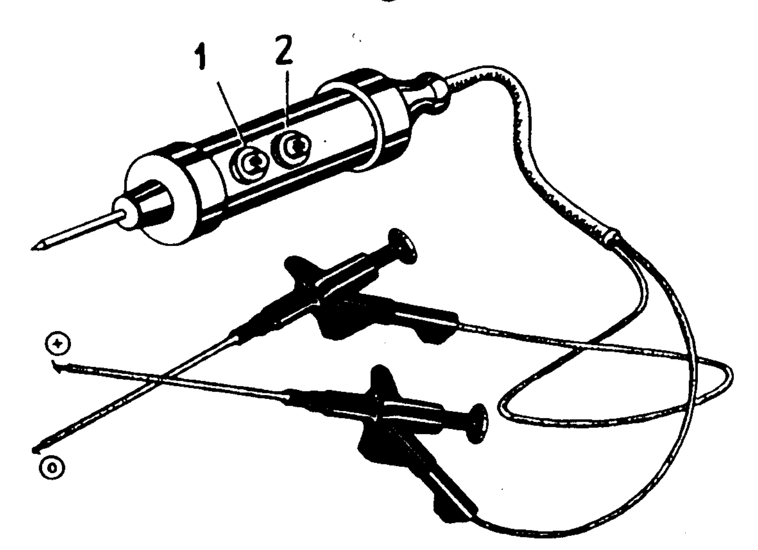
١ / ٥ / ١- أجهزة اختبار الدوائر الرقمية

هناك عدة أجهزة لاختبار الدوائر الالكترونية أهمها:

١- المجس المنطقى Logic probe

وهو جهاز صغير يحمل باليد يستخدم لتحديد المستوى المنطقى لأى نقطة بالدائرة الالكترونية (عالٍ - منخفض - نبضات).

والشكل (١ - ٦) يعرض صورة لأحد المجسات المنطقية، ويلاحظ أنه يحتوى على موحدين من النوع الباعث للضوء أحدهما أحمر (1) والثانى أخضر (2) كما يزود المجس بماسكين لسهولة توصيله مع الدائرة التى تحت الاختبار.



الشكل(١ - ٦)

٢- النابض المنطقى logic pulser

ويطلق عليه أحيانًا حاقن النبضات pulse injector حيث يستخدم فى حقن نبضات مربعة عند مداخل البوابات المنطقية والعدادات والمسجلات من أجل الفحص والاختبار، ويتشابه المجس المنطقى والنابض المنطقى فى الشكل لحد كبير.

٣- كاشف مسار التيار current tracer

ويستخدم هذا الجهاز فى تتبع مسار التيار المتدفق فى المسارات المختلفة فى اللوحات المطبوعة Printed Circuits. ونظرية عمل هذا الجهاز تعتمد على الإحساس بالمجال المغناطيسى الناشئ بسبب مرور التيار الكهربى. ويوجد أنواع من كاشفات مسار التيار قادرة على كشف التيارات التى تتراوح شدتها من 1nA إلى 1A . ويزود كاشف مسار التيار بموحد باعث للضوء LED يضىء عند ملامسة طرف الكاشف لمسار يحمل تياراً كهربيًا.

والجدير بالذكر أن كاشف مسار التيار يكون مزوداً بوسيلة لضبط حساسية الجهاز؛ علماً بأن كاشف مسار التيار يشبه لحد كبير النابض المنطقى.

١ / ٥ / ٢ - أنواع أعطال الدوائر الرقمية وطرق اكتشافها

هناك عدة أنواع من أعطال الدوائر الرقمية وهى كما يلى:

١- دائرة مفتوحة وتمثل ٪ 75 من أعطال الدوائر الرقمية المتكاملة؛ وذلك لاحتمالين هما :

أ- فتح: فى مخرج بوابة قائدة وهذه المشكلة تؤدى إلى فقدان الإشارة عند مداخل جميع البوابات المنقادة.

ب- فتح فى مدخل أحد البوابات المنقادة وهذه المشكلة لا تؤثر فى باقى البوابات المتصلة بها.

٢- دوائر مقصورة وتمثل ٪ 25 من أعطال الدوائر الرقمية المتكاملة؛ وذلك لاحتمالين هما:

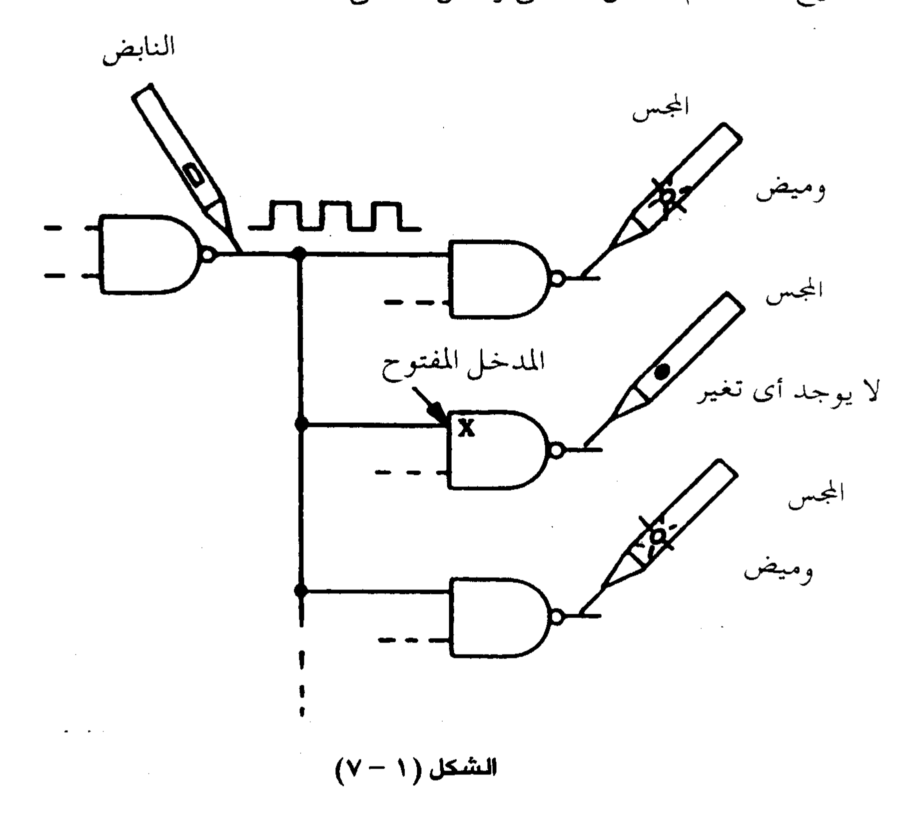
أ- هناك قصر فى خرج البوابة القائدة، وهذا يؤدى إلى انخفاض المستوى

المنطقى لنقطة التفرع Node وهذا يؤثر على باقى البوابات المنقادة.

ب- قصر فى أحد مداخل البوابات المنقادة، وهذه المشكلة تؤدى إلى انخفاض المستوى المنطقى لنقطة التفرع وهذا يؤثر فى باقى البوابات المنقادة.

طرق اكتشاف الأعطال فى الدوائر الرقمية

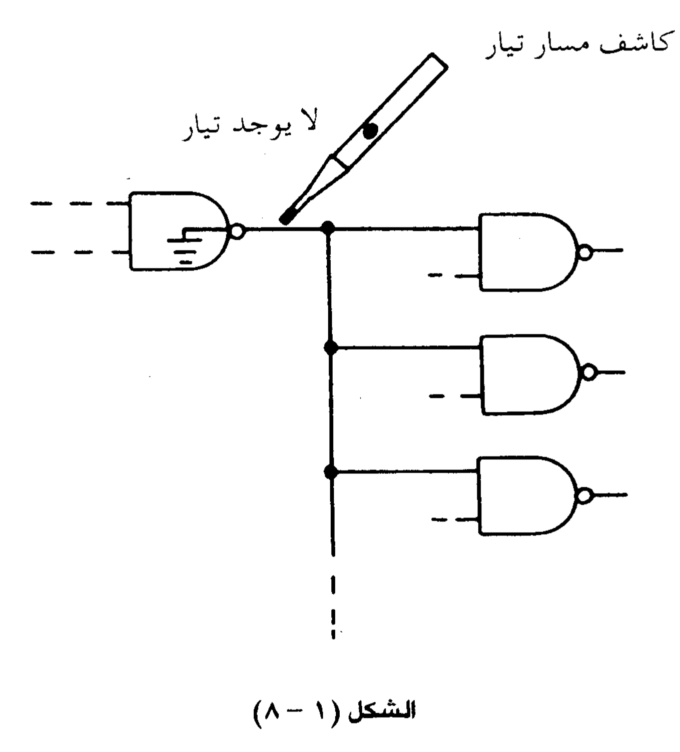
باستخدام المجس المنطقى والنابض المنطقى يمكن اكتشاف الدائرة المفتوحة فى الدوائر الرقمية والشكل (١ - ٧) يبين طريقة اكتشاف البوابة التى لها مدخل مفتوح باستخدام النابض المنطقى والمجس المنطقى.



الشكل (١ - ٧)

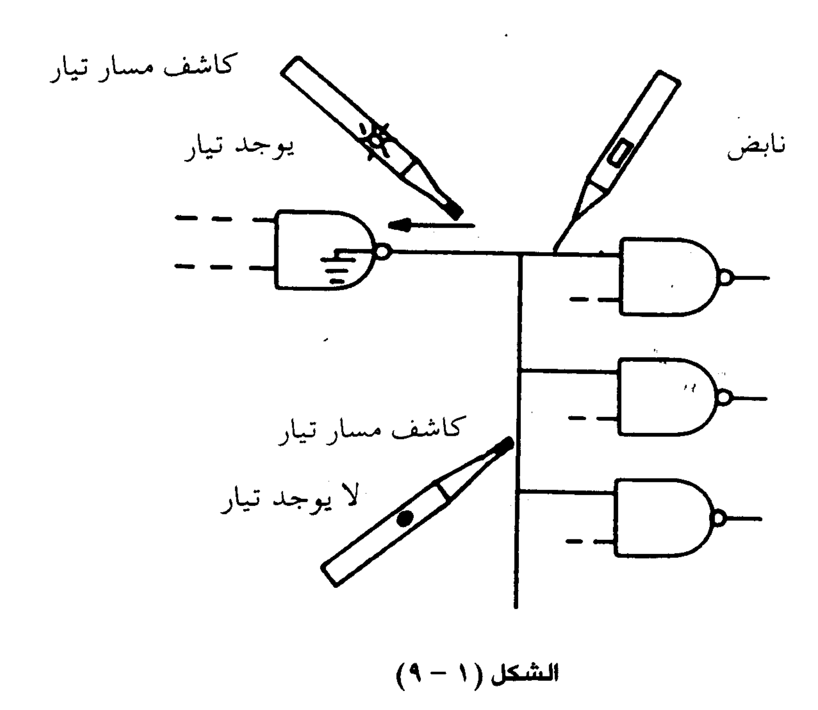
فعند حقن مداخل البوابات المنقادة بنبضات من حاقن نبضات ثم اختبار، خرج هذه البوابات فإن البوابة التى لا يحدث لمخرجها تغير فى الحالة عن ذى قبل يكون المدخل مفتوحاً.

والشكل رقم (١ – ٨) يبين طريقة التأكد من عدم مرور تيار فى الأفرع المختلفة لنقطة التفرع Node مما يدل على وجود قصر على خرج البوابة القائدة بالأرضى، ويستخدم فى ذلك كاشف مسار التيار.



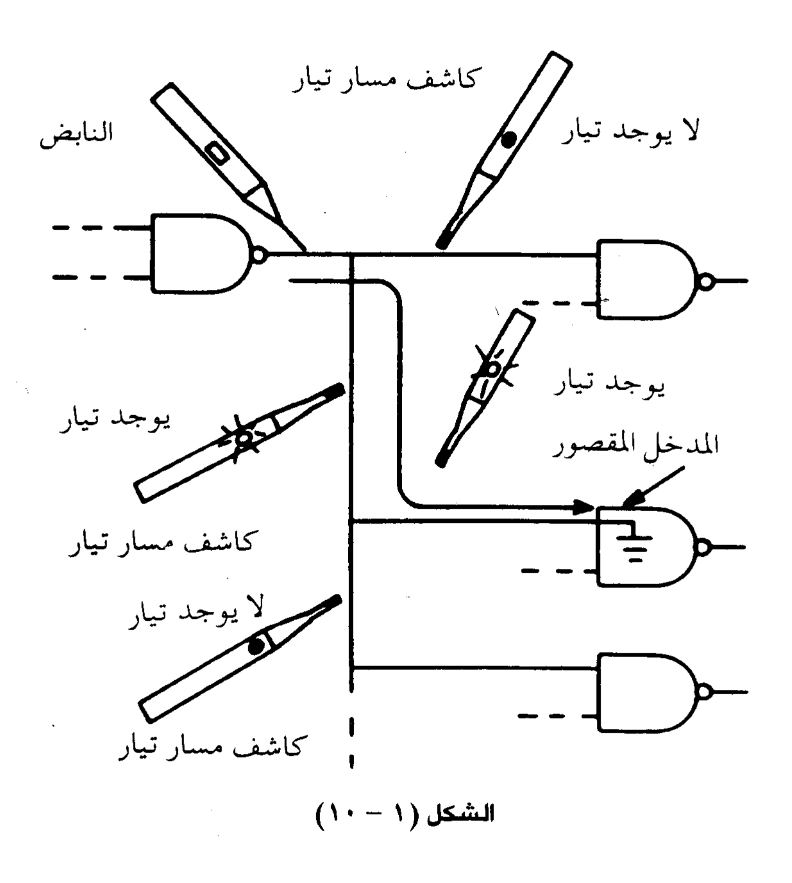
الشكل (١ – ٨)

والشكل رقم (١ – ٩) يبين طريقة استخدام كاشف مسار التيار والنابض المنطقى فى تحديد مكان التسريب (القصر) إذا كان عند مخرج البوابة القائدة.



الشكل (١ – ٩)

والشكل (١ - ١٠) يبين كيفية استخدام كاشف مسار التيار، وكذلك النابض المنطقى فى تحديد مكان تسريب التيار (القصر) عند أحد مداخل البوابات المنقادة .



الشكل (١ - ١٠)

الباب الثانى

العناصر الالكترونية
المستخدمة فى الدوائر الالكترونية

العناصر الالكترونية

المستخدمة فى الدوائر الالكترونية

٢ / ١ - المقاومات Resistors

تعتبر المقاومات من أهم العناصر المستخدمة فى الدوائر الالكترونية وتصنع المقاومات من مواد مختلفة؛ علماً بأن نوع مادة المقاومة يحدد الخواص الفنية لها.

وتنقسم المقاومات بصفة عامة إلى:

١ - مقاومات خطية Linear Resistors

٢ - مقاومات غير خطية NoN Linear Resistors

٢ / ١ / ١ - المقاومات الخطية

وهى المقاومات التى تخضع لقانون أوم مثل:

أ - مقاومات بنقطة تفرع Topped Resistors وهذه المقاومات تتيح فرص الحصول على مقاومات مختلفة من نقاط تفرعها.

ب - الريوستات Rheostat وهى مقاومات متغيرة بطرفين حيث تتغير المقاومة بين طرفيها بتغير وضع زراع ضبطها.

جـ - مجزئ الجهد Potentiometer ويكون له ثلاثة أطراف 1, 2, 3 بحيث إن المقاومة بين الطرفين 1, 3 تمثل المقاومة الكلية للمجزئ وهى ثابتة ولاتتغير بتغير وضع زراع ضبط المجزئ، وتساوى مجموع المقاومة بين الطرفين 1, 2 والمقاومة بين الطرفين 2, 3 وهما مقاومتان متغيرتان تتغيران تبعاً لتغير وضع ذراع ضبط المجزئ.

د - المقاومات الثابتة القيمة، ويوجد عدة طرق لتشفير قيمة المقاومة الثابتة وهم كما يلى:

١ - طريقة التشفير الحرفية (الطريقة الإنجليزية): حيث تستخدم الأحرف التالية

كمضاعفات.

$M = 10^6$ $K = 10^3$ $R = 1$

والحروف التالية لبيان التفاوت.

$F = \pm 1\%, G = \pm 2\%, J = \pm 5\%, K = \pm 10\%, M = \pm 20\%$

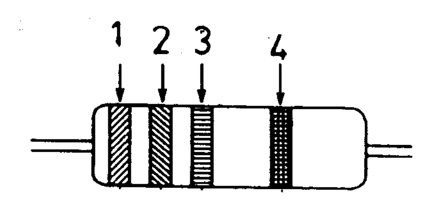
فمثلا المقاومة 100 RK تعنى مقاومة $100\Omega \pm 10\%$

والمقاومة 10 K 2G تعنى مقاومة $10.2\ K\Omega \pm 2\%$

والمقاومة 1M 3K تعنى مقاومة $1.3\ M\Omega \pm 10\%$

٢ - طريقة التشفير بالألوان

وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الصغيرة والتى تتراوح قدرتها ما بين (0.25:2W) ويرسم على المقاومة أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها وعادة ترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار إلى اليمين وهذا موضح بالشكل (٢-١).



الشكل (٢-١)

فبالنسبة للمقاومات ذات الأربع حلقات الملونة فإن :

الحلقة الأولى : تعطى الرقم الأول.

الحلقة الثانية : تعطى الرقم الثانى.

الحلقة الثالثة : تعطى المضاعف أو الجزء.

الحلقة الرابعة : تعطى التفاوت.

وبالنسبة للمقاومات ذات الخمس حلقات الملونة فإن :

الحلقة الأولى : تعطى الرقم الأول .

الحلقة الثانية : تعطى الرقم الثانى .

الحلقة الثالثة : تعطى الرقم الثالث .

الحلقة الرابعة : تعطى المضاعف أو الجزء .

الحلقة الخامسة : تعطى التفاوت .

والجدول (٢-١) يعطى مدلول الألوان المختلفة للحلقات المختلفة .

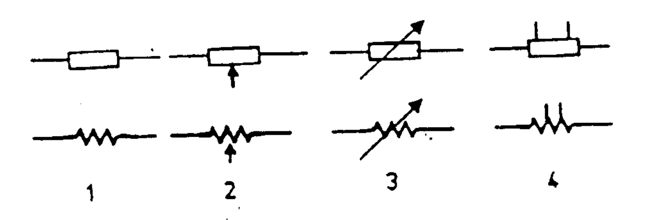
الجدول (٢-١)

اللون	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض	ذهبى	فضى	بدون لون
الرقم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-	-
المضاعف أو الجزء	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	-
التفاوت كنسبة مئوية	-	±1	±2								±5	±10	

فمثلاً إذا كانت ألوان الحلقات الأربع لمقاومة كربونية :

الحلقة الأولى	بنيـــاً	ويكافئ	1
الحلقة الثانية	أسوداً	ويكافئ	0
الحلقة الثالثة	أزرقـاً	ويكافئ	10^6
الحلقة الرابعة	ذهبياً	ويكافئ	± 5%

فإن قيمة المقاومة يساوى $10 \times 10^6 \pm 5\%$ أى $(10\ M\Omega \pm 5\%)$ وفيما يلى الرموز الكهربية للمقاومات الخطية حيث إن الرمز 1 لمقاومة بنقطتى تفرع، والرمز 2 لريوستات، والرمز 3 لمجزئ جهد، والرمز 4 لمقاومة ثابتة .



٢ / ١ / ٢ - المقاومات الغير خطية

وهى مقاومات لاتخضع لقانون أوم؛ لأن قيمتها تتغير تبعاً لمؤثرات خارجية مثل:

أ - المقاومة الحرارية Thermistor وهناك نوعان من المقاومات الحرارية وهما:

- المقاومة الحرارية P.T.C وهى مقاومة تزدادقيمتها بزيادة درجة حرارتها.

- المقاومة الحرارية N.T.C وهى مقاومة تقل قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

ب - المقاومة الضوئية (حساسة للضوء) L.D.R وتقل مقاومتها عند تعرضها للضوء من عدة ميجا أوم فى الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار.

جـ - مقاومة معتمدة على الجهد V.D.R وتقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها.

وفيما يلى رموز هذه المقاومات:

الرمز 1 لمقاومة ذات معامل حرارى سالب N.T.C.

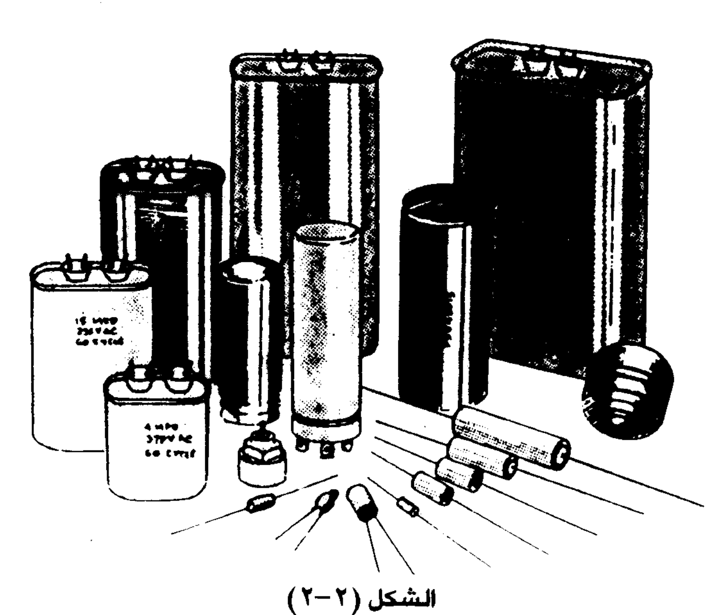
والرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب P.T.C.

والرمز 3 لمقاومة ضوئية LDR. والرمز 4 لمقاومة تعتمد على الجهد V.D.R.

٢ / ٢ - المكثفات Capacitor's

يقوم المكثف بتخزين الشحنة الكهربية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه، وتتوقف عملية الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطرافه مع جهد المصدر. ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفى المكثف أو انعدامه، ويسمى المكثف عادة تبعاً لنوع العازل المستخدم فيه مثل:

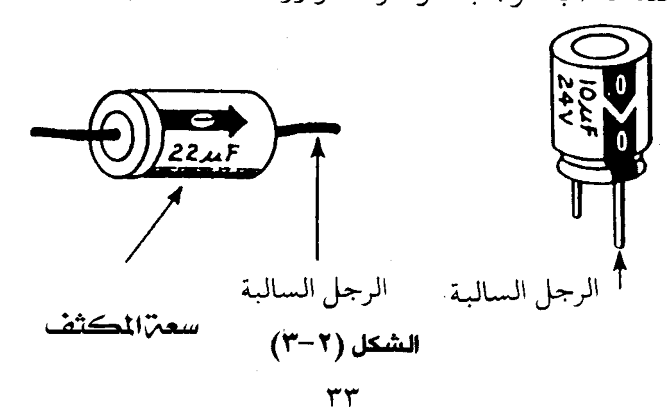
الورق، والميكا، والسيراميك، والمحاليل الكيميائية... إلخ. والشكل (٢-٢) يعرض أشكالاً مختلفة للمكثفات.



الشكل (٢-٢)

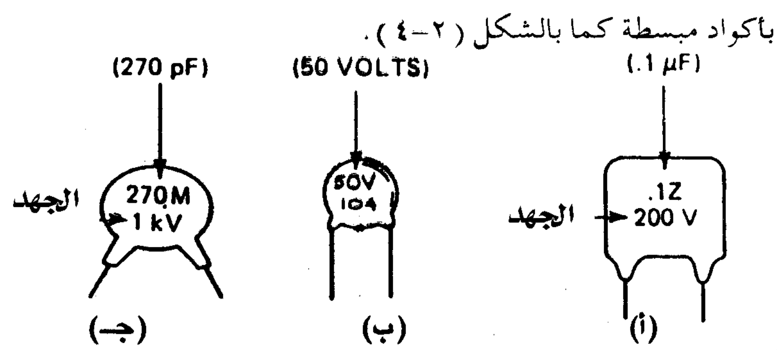
يوجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف أهمها:

١ - **طريقة العرض المباشر** حيث تكتب المعلومات الفنية مباشرة على الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد (μF) وجهد التشغيل بالفولت (V) وكذلك توضع قطبية أحد أطراف المكثف سواء الطرف الموجب (+) أو الطرف السالب (-) وهذا موضح بالشكل (٢-٣)، حيث توضع إشارة حمراء عند القطب الموجب، أو سوداء أو زرقاء عند القطب السالب.



الشكل (٢-٣)

٣ - **طريقة التشفير الحرفية**: وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات الصغيرة التى تكون على شكل قرص Disc حيث يكتب عليها السعة، وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (٢-٤).



الشكل (٢-٤)

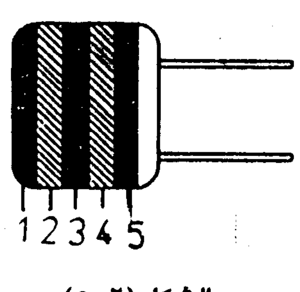
فالسعات تكتب بأكواد حرفية فالحرف Z يعنى ميكروفاراد µF.

والحرف M يعنى بيكوفاراد PF.

فالشكل (أ) مكثف سعته 0.1Z أى 0.1 µF ، والشكل (جـ) مكثف سعته 270M أى مكثف سعته 270 PF.

٣ - **طريقة التشفير العددية**: ويستخدم فيها ثلاثة أعداد حيث يمثل العدد الثالث عدد الأصفار بعد العددين الأول والثانى ففى الشكل (٢-٤ ب) مكثف سعته يعبر عنها بالشفرة 104 أى 10.0000 PF أما الجهد فيكتب مباشرة على المكثف.

٤ - **طريقة التشفير بالألوان**: حيث يرسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما بالشكل (٢-٥) وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات البولى إستر الراتنجية Resin Dipped poly-ester Capacitor



الشكل (٢-٥)

والجدول (٢-٢) يبين مدلول الألوان المختلفة للشرائط المختلفة.

الجدول (٢ - ٢)

اللـــون	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الأول والثانى الرقم المقابل	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الشريط الثالث المضاعف				10^3	10^4	10^5				
الشريط الرابع التفاوت	±20%									±10%
الشريط الخامس الجهد المستمر			250V		400V					

مثـال : إذا كان لون الشريط الأول بنيـًا يكافئ 1

والشريط الثانى أسودًا يكافئ 0

الشريط الثالث برتقاليًا يكافئ 10^3

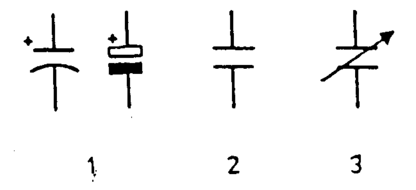
الشريط الرابع أسودًا يكافئ ± 20%

الشريط الخامس أحمرًا يكافئ 250 VDC

أى أن سعة المكثف تصبح مساوية $10 \times 10^3 = 10^4$ PF مع تفاوت مقداره ±20% وجهد تشغيل مستمر يساوى 250 DC .

وفيما يلى رموز المكثفات :

فالرمز 1 لمكثف كيميائى، والرمز 2 لمكثف عادى، والرمز 3 لمكثف متغير السعة .



٢ / ٣ - عناصر متنوعة

سنتناول مجموعة من العناصر التى كثيراً ما تستخدم فى الدوائر الالكترونية مثل : المصهرات – المفاتيح – الضواغط – ريلاهات التحكم – المحولات .

٢ / ٣ / ١ - المصهرات Fuses

عادة يتم حماية الدوائر الالكترونية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربى عند حدوث قصر بالدائرة أى عند تلامس الطرف الموجب + مع الطرف السالب – أو مع أرضى الدائرة؛ وذلك باستخدام المصهرات.

وعادة تكون المصهرات على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك لها قاعدتان معدنيتان متصلتان معاً من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص. وهذا السلك مصمم لكى ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقنن للمصهر بقيمة كبيرة. وهناك أنواع متعددة من المصهرات حسب سرعة فصلها وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات حسب سرعة فصلها.

١ – مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة [Supper quick Acting (FF)].

وتستخدم لحماية العناصر الالكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات ويرمز لها بالرمز FF والجدول (٢–٣) يبين خواص هذا النوع.

الجدول (٢-٣)

شدة التيار	1.2 In	2In	2.75In	4In	10In
أدنى زمن للفصل	60 min	10 m S	4 m S	2mS	-
أقصى زمن للفصل	-	2S	50 m S	15mS	2mS

حيث إن:

I_n التيار المقنن للمصهر

min دقيقة

S ثانية

ms مللى ثانية

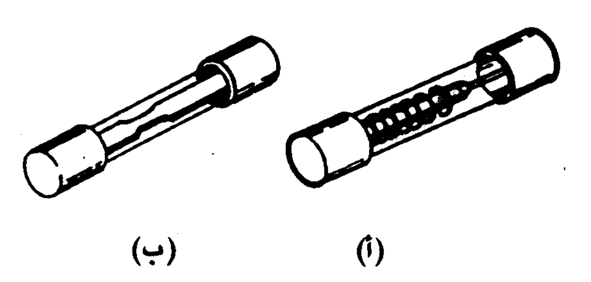
٢ – مصهرات سريعة الفصل quick acting (F)

٣ – مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة Anti - Surge (T)

وهى تتحمل تياراً يساوى 10 مرات التيار المقنن لها بدون أن تنهار؛ وذلك خلال

فترة زمنية تساوى 20 ms وتستخدم لحماية المحولات.

والشكل (٢-٦) يعرض نموذجاً لمصهر نوع T (أ) وآخر لمصهر سريع الفصل (ب).



الشكل (٢-٦)

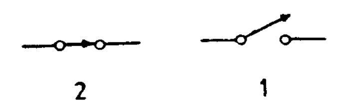
وفيما يلى الرمز الكهربى للمصهرات:



٢ / ٣ / ٢ - المفاتيح اليدوية Switches

تعد المفاتيح اليدوية وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الاليكترونية **ويوجد أنواع مختلفة للمفاتيح تبعاً لوظيفتها مثل:**

١ - **مفتاح قطب واحد سكة واحدة (SPST)** وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة إما مغلقة أو مفتوحة. فعند تشغيل المفتاح تفتح ريشته المغلقة N.C أو تغلق ريشته المفتوحة (N.O). وفيما يلى رمز مفتاح SPST بريشة مفتوحة N.O الرمز (1) وبريشة مغلقة N.C الرمز (2).

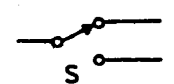


٢ - **مفتاح قطبين سكة واحدة (DPST)**، وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين

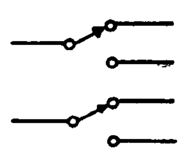
مفتوحتين2 N.O أو مغلقتين 2 N.C أو إحداهما مفتوحة والأخرى مغلقة (N.O + NC). وعند تشغيل هذا المفتاح يدويا تنعكس حالة ريشتى المفتاح، فتغلق الريشة المفتوحة N.O وتفتح الريشة المغلقة N.C. وفيما يلى رمز المفتاح DPST بريشتين مفتوحتين 2N.O (3) وبريشتين مغلقتين 2 NC (2) وبريشة مفتوحة وأخرى مغلقة N.O + N.C (1).

1 2 3

٣ - **مفتاح قطب واحد سكتين (SPDT)**، وهذا المفتاح له ريشة قلاب C.O ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف. أحدهما مشترك والثانى مفتوح والثالث مغلق. وعند تشغيل هذا المفتاح تنعكس حالة هذا المفتاح فيغلق الطرف المفتوح ويفتح الطرف المغلق، وفيما يلى رمز المفتاح (SPDT).



٤ - **مفتاح قطبين سكتين (DPDT)** وهذا المفتاح مزود بريشتى قلاب كالتى فى المفتاح (SPST) وفيما يلى رمز هذا المفتاح.



علماً بأن الأنواع الأربعة السابقة تتواجد فى عدة صور تبعاً لطريقة تشغيلها مثل:

أ - مفتاح بذراع يدوى   Toggle Switch.

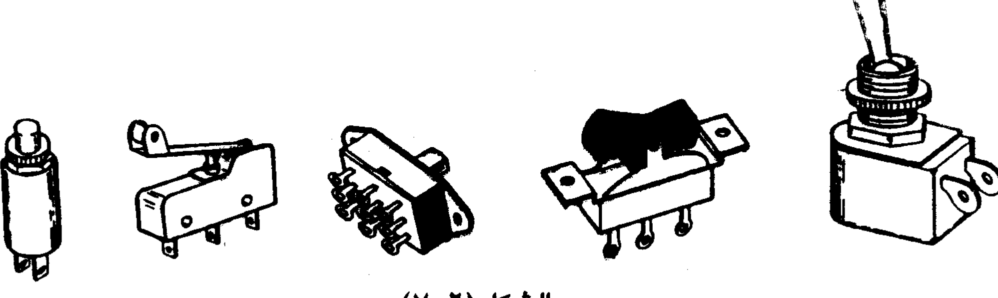
ب – مفتاح قلاب Rocker Swich.

جـ – مفتاح منزلق Slide Switch.

د – مفتاح نهاية مشوار Limit Switch.

هـ – مفتاح انضغاطي Push button Switch.

ويتم تشغيل هذه الأنواع عادة باليد ماعدا مفتاح نهاية المشوار فيتم تشغيله بدفعه بجسم متحرك أو كامة متحركة. والشكل (٢–٧) يوضح صوراً توضيحية لهذه الأنواع بالترتيب من اليمين إلى اليسار.



الشكل (٢–٧)

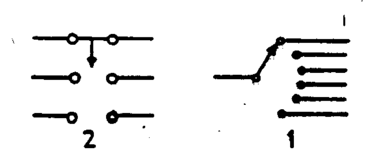
٥ – مفاتيح الاختيار ذات المواضع المتعددة:

وهذه المفاتيح تحتوى على قطب واحد أو أكثر ويكون لها عدة أوضاع تشغيل.

وهناك نوعان من هذه المفاتيح تبعاً لطريقة تشغيلها مثل:

المفاتيح الدوارة Rotary Switchs، وهذه المفاتيح لها يد تشغيل دوارة.

والمفاتيح المنزلقة Slide Switches، والمفاتيح الدوارة العاملة بالمفك Dip Rotary Switches. وفيما يلي رمز لمفتاح اختيار دوار بستة مواضع (1) ورمز لمفتاح اختيار منزلق بثلاثة مواضع (2).



٢ / ٣ / ٣ - الضواغط Push buttons

هناك فرق جوهرى بين الضاغط والمفتاح الانضغاطى فالأول تتغير حالة ريشه؛ فالمغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط على زرها فقط.

أما المفتاح الانضغاطى فتتغير حالة ريشه؛ أى تصبح الريشة المغلقة مفتوحة والريشة المفتوحة مغلقة عند الضغط عليها ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليها مرة أخرى فتعود الريشة لحالتها الطبيعية.

وفيما يلى رمز لضاغط بريشة مفتوحة (2) وآخر بريشة مغلقة (1):

PB PB

1 2

٢ / ٣ / ٤ - ريليهات التحكم Control Relays

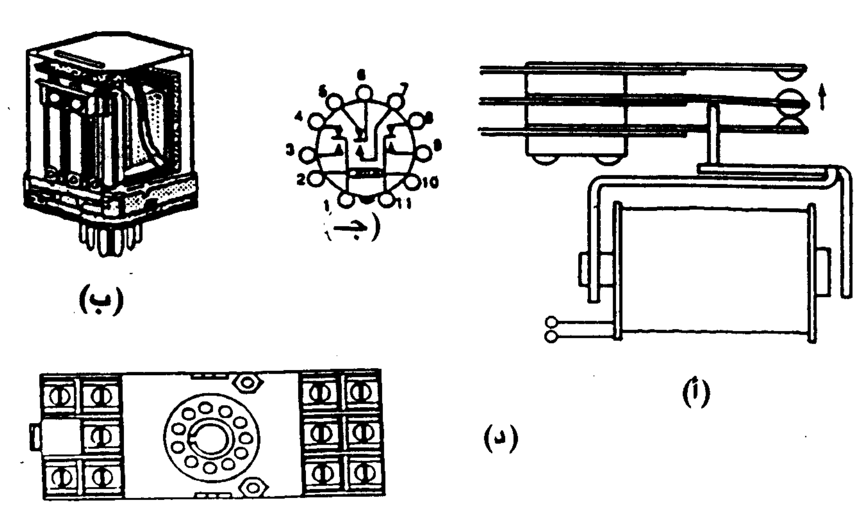
الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل الدوائر الالكترونية.

والشكل (٢-٨أ) يعرض التركيب الداخلى لأحد الريليهات الكهرومغناطيسية. فعند وصول التيار الكهربى للملف يتكون مجال مغناطيسى يكون قادراً على جذب القلب المغناطيسى فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريشة التلامس للريلاى فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة، والعكس بالعكس؛ ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاى تعود ريشة الريلاى لوضعها الطبيعى.

وهناك نوعان من الريليهات:

الأول يثبت على اللوحة المطبوعة والتى تثبت عليها العناصر الالكترونية والثانى يثبت على قاعدة تثبيت. والشكل (٢-٨ب) يعرض نموذجاً لأحد ريليهات التحكم والشكل (٢-٨جـ) يعرض مسقطا أفقيا للريلاى يبين نقاط توصيله.

والشكل (٢-٨د) يعرض مسقطاً أفقيا لقاعدة الريلاى.

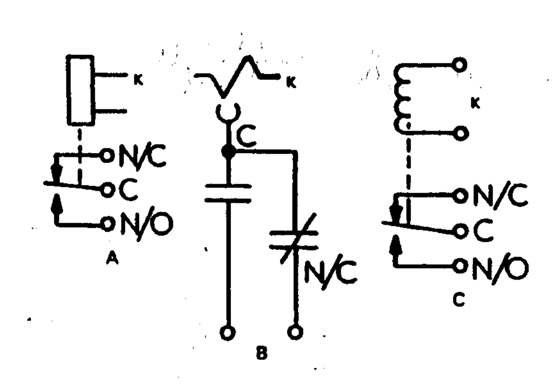


الشكل (٢-٨)

ويلاحظ من مـخطط أطراف التـوصـيل للريلاى الشكل (٢- ٨ جـ) أن هذا الريلاى يحتوى على ثلاث ريش قلاب .

فأطراف الريشة القلاب الأولى	1 , 3 , 4
وأطراف الريشة القلاب الثانية	5 , 6 , 7
وأطراف الريشة القلاب الثالثة	8, 9, 11
أطراف الملف هى :	2, 10

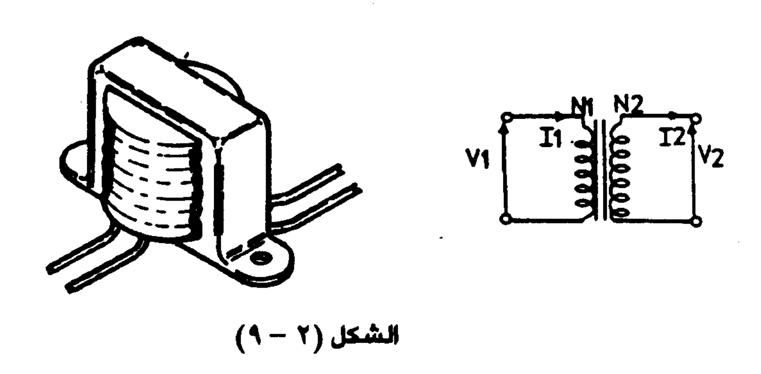
وفيما يلى الرموز المختلفة للريليهات :



٢ / ٣ / ٥ - المحولات Transformers

المحولات هى أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد وتستخدم المحولات فى بناء مصادر التيار المستمر؛ وذلك بخفض الجهد المتردد من 220V, 120V إلى الجهد المطلوب . وتستخدم المحولات أيضاً فى دوائر إشعال الثايرستور والترياك . وللمحولات استخدامات أخرى متعددة فى الدوائر الالكترونية .

ويتكون المحول فى العادة من ملفين أحدهما يسمى بالملف الابتدائى، والثانى يسمى بالملف الثانوى والشكل (٢-٩) يعرض نموذجاً لأحد المحولات والدائرة المكافئة لمحول له ملف ابتدائى عدد لفاته N_1 ومسلط عليه جهد متردد V_1 ويمر به تيار I_1 وملفه الثانوى عدد لفاته N_2 ويمر به تيار I_2 والجهد على طرفيه V_2 .



الشكل (٢ - ٩)

والمعادلة 2.1 تسمى بالمعادلة العامة للمحولات .

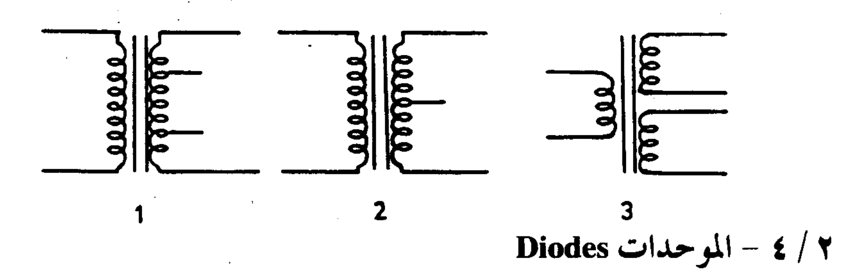
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \quad 2.1$$

وعادة يختار المحول تبعاً للجهود المطلوبة للملف الابتدائى والثانوى، وكذلك تبعاً لسعة المحول (VA) والتى تعطى بالمعادلة 2.2 .

$$VA = V_2 I_2 = V_1 I_1 \quad (VA) \quad \rightarrow \quad 2.2$$

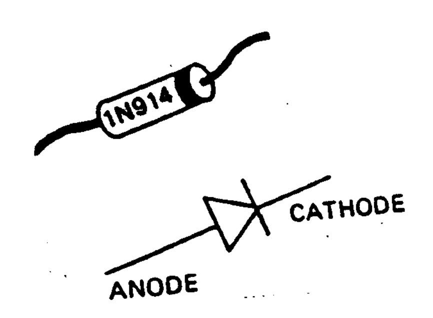
وبعض المحولات تحتوى على أكثر من ملف ثانوى للحصول على أكثر من جهد فى الجانب الثانوى، والآخر يحتوى على ملف ثانوى بنقطة منتصف أو أكثر.

وفيما يلى رموز بعض أنواع المحولات فالرمز 1 لمحول بعده نقاط تفرع والرمز 2 بمحول بملف ثانوى بنقطة منتصف (نقطة تفرع) والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين.



٢ / ٤ – الموحدات Diodes

يتكون الموحد من وصلة ثنائية P - N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل: السليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge) ويتواجد الموحد فى الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيها للدلالة على مكان المادة السالبة N، والتى تمثل المهبط Cathode. أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة P والتى تمثل المصعد Anode والشكل (٢–١٠) يعرض نموذجاً لثنائى صغير طراز 1N914 ورمزه.



الشكل (٢–١٠)

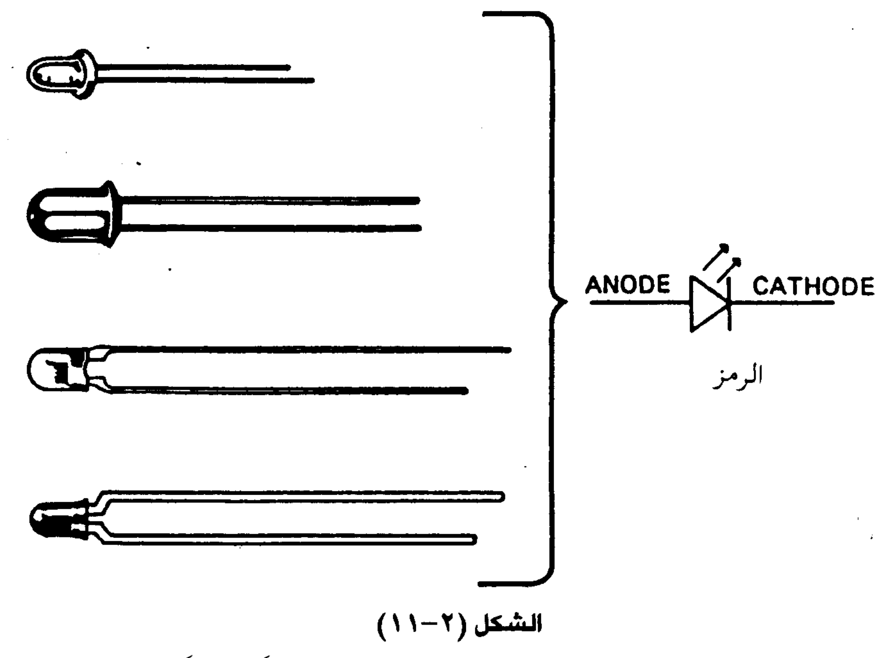
ويعتبر الموحد فى الوضع الطبيعى كمفتاح مفتوح وبمجرد تعرضه لانحياز أمامى Forward bias أى ارتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V فى حالة الموحد السليكونى؛ يصبح كمفتاح مغلق، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد للمهبط ويقال إن الموحد فى حالة وصل ON. أما عند تعرض الموحد لانحياز عكسى Reverse bias أى تعرض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A؛ يمر تيار صغير جدا يسمى بتيار التسرب، ويعمل الموحد كمفتاح مفتوح ويقال إن الموحد فى حالة قطع OFF.

والجدير بالذكر أن موحد السليكون يوصل عند جهد أمامى 0.7V؛ بينما يوصل

موحد الجرمانيوم عند جهد أمامى 0.3V؛ لذلك يقال إن فقد الجهد فى موحد السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً 0.7V تقريباً فى حين أن فقد الجهد في موحد الجرمانيوم عندما يكون منحازاً أمامياً يساوى 0.3V تقريباً.

٢ / ٤ / ١ - الموحد الباعث للضوء LED

يشبه الموحد الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة ويتواجد بألوان مختلفة وهو يستخدم كلمبة إشارة والشكل (٢-١١) يعرض رمزًا وأشكالاً مختلفة لموحدات باعثة للضوء.



الشكل (٢-١١)

فعادة لاينبعث الضوء من LED إلا عندما يكون منحازاً أمامياً بجهد أكبر من 2V. أما عندما يكون LED منحازاً عكسياً، فإنه لايمرر تيار، وبالتالى لايضيىء.

ويوجد ألوان مختلفة من الموحدات الباعثة للضوء مثل الأحمر والأصفر والبرتقالى والأخضر والأزرق وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار والذى يتراوح ما بين (5:25mA). وعادة توصل مقاومة على التوالى مع LED لتحديد شدة التيار المار.

والجدير بالذكر أنه يوجد ثلاثة أنواع للموحدات الباعثة للضوء الأول منخفض

القدرة وتيارها (5mA) والثانى قياسى وتياره (10mA) والثالث عالى القدرة وتياره (20mA).

٢ / ٤ / ٢ - موحد الزينر Zener Diode

إن موحد الزينر هو موحد سليكونى له خواص تسمح بإمرار جهد ثابت القيمة فى الانحياز العكسى؛ وهو يشبه فى الشكل الموحد القياسى.

فعندما يتعرض موحد الزينر لانحياز أمامى Forward bias يعمل كموحد عادى، ويتحول لحالة الوصل oN، ويمر التيار الكهربى، ويكون فرق الجهد بين طرفيه مساوياً (0.6: 0.7V) تقريباً. وعند تعرض موحد الزينر لانحياز عكسى Reverse bias؛ فإن موحد الزينر يكون فى حالة قطع فى بادئ الأمر، وبمجرد زيادة الجهد عن جهد الانهيار للموحد؛ يتحول لحالة الوصل ويمر تيار كبير فيه ويكون فرق الجهد على طرفى موحد الزينر مساوياً جهد الزينر. ويستخدم موحد الزينر لتنظيم الجهد والشكل (٢-١٢) يبين دائرة تستخدم موحد زينر لتنظيم الجهد على أطراف المقاومة RL بحيث لايزيد الجهد على أطرافها عن Vz (جهد الزينر) الشكل (أ) أما الشكل (ب) فيعرض الدائرة المكافئة وذلك باستبدال موحد الزينر ببطارية جهدها يكافئ Vz.

الجدير بالذكر أن المقاومة Rs تستخدم لمنع تعدى التيار المار فى موحد الزينر Iz الحد المسموح به والذى يعين من العلاقة

$$P_z = I_z V_z \longrightarrow 2.3$$

الشكل (٢-١٢)

حيث إن:

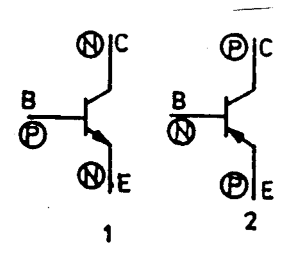
Pz قدرة موحد الزينر والمدونة فى مواصفاته الفنية.

Iz أقصى تيار يسمح له بالمرور فى موحد الزينر.

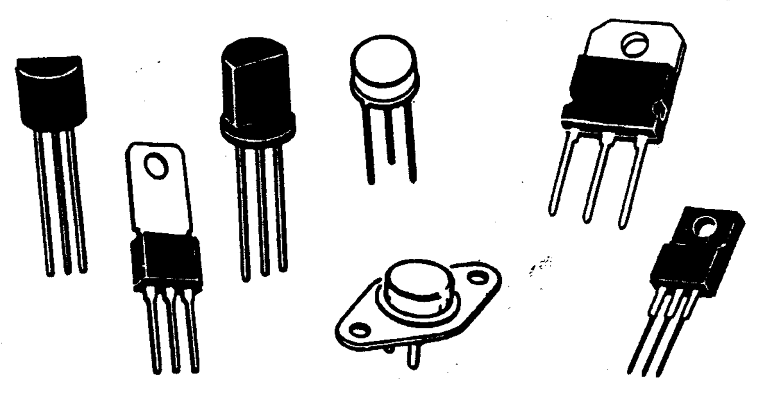
Vz جهد الزينر.

٢ / ٥ - الترانزستور الثنائى القطبية BJT

للترانزستور الثنائى القطبية ثلاثة أرجل وهى القاعدة Base، والباعث Emitter والمجمع Collector. ويصنع الترانزستور من ثلاث طبقات من أشباه الموصلات وهذه الطبقات بعضها سالب N، والآخر موجب P وتقسم الترانزستورات حسب قطبية هذه الطبقات إلى ترانزستورات NPN وترانزستورات PNP. وفيما يلى رموز هذه الترانزستورات فالرمز 1 لترانزستور NPN والرمز 2 لترانزستور PNP.



والشكل (٢-١٣) يعرض نماذج مختلفة للترانزستورات سواء كانت ترانزستورات إشارة أو قدرة.



الشكل (٢-١٣)

ويعمل الترانزستور كمفتاح Switch وأيضاً كمكبر Amplifier.

والشكل (٢-١٤) يوضح فكرة عمل الترانزستور NPN كمفتاح. فعند توصيل قاعدة الترانزستور بالأرضى يعمل الترانزستور كمفتاح فى حالة فصل OFF (الشكل أ). وعند توصيل قاعدة الترانزستور بجهد المصدر Vcc يعمل كمفتاح فى

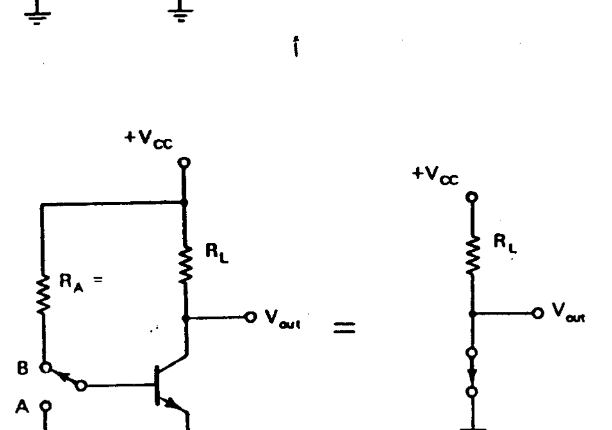


حالة وصل ON.

ويعمل الترانزستور أيضاً كمكبر ويعين معامل كسب التيار Current- gain للترانزستور من المعادلة التالية

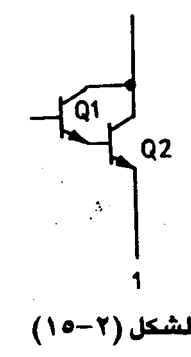
$$ß = \frac{Ic}{I_B} \rightarrow 2.4$$

ويساوى معامل كسب التيار ß النسبة بين تيار المجمع Ic وتيار القاعدة IB وتتراوح قيمة ß ما بين 35:300 والقيمة الطبيعية لها 100 . ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور بتوصيل



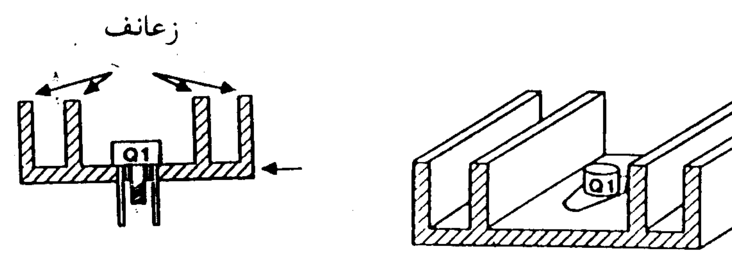
الشكل (٢-١٤)

ترانزستورين كما هو مبين بالشكل (٢-١٥) وتسمى هذه التوصيلة بتوصيلة دارلنجتون ويكون معامل التكبير الكلى مساويا حاصل ضرب معاملات تكبير Q1,Q2 .



الشكل (٢-١٥)

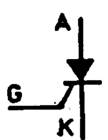
ويوجد ترانزستورات تحتوى على ترانزستورين فى قالب واحد تسمى بترانزستور دارلنجتون وتستخدم عادة كترانزستورات قدرة وتحتاج لتثبيتها على مشتت حرارى Heatsinks لتبريدها كما هو مبين بالشكل (٢-١٦) .



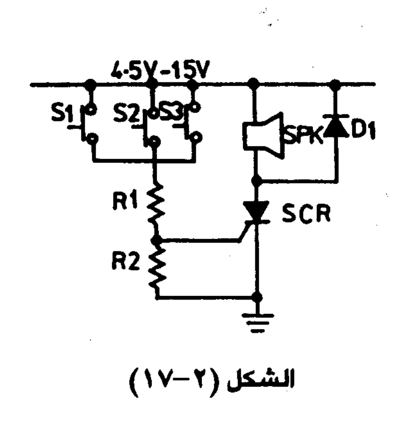
الشكل (٢-١٦)

٢ / ٦ - الثايرستور SCR

يستخدم الثايرستور كمفتاح فى دوائر التيار المستمر، وكموحد فى دوائر التيار المتردد، وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية. وللثايرستور ثلاثة أطراف وهم: المهبط K، والمصعد A، والبوابة G. وعند وجود فرق جهد موجب بين البوابة والمهبط يتحول الثايرستور لحالة الوصل ويصبح مكافئاً لمفتاح مغلق، ويظل على هذا الحال حتى بعد انعدام فرق الجهد بين البوابة والمهبط إلى أن ينخفض التيار المار فيه عن الحد الأدنى اللازم لابقاء الثايرستور فى حالة الوصل والذى يسمى الإمساك. وفيما يلى رمز SCR.



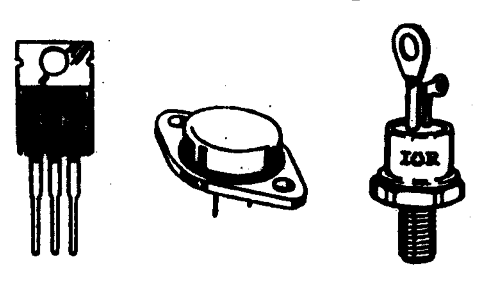
والشكل (٢-١٧) يبين فكرة عمل الثايرستور لتشغيل سماعة SPK فعند الضغط على أحد الضواغط S1,S2,S3 فإن الجهد +15V سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين R1,R2 لأنهما متساويتان وبالتالى يصبح فرق الجهد بين البوابة والمهبط 7.5V فيتحول الثايرستور لحالة الوصل ON ويمر تيار كهربى عبر السماعة ماراً بالمصعد A والمهبط K.



الشكل (٢-١٧)

وعند إزالة الضغط عن الضاغط فإن الثايرستور سيظل فى حالة ON وتظل السماعة SPK فى حالة ON إلى أن يتم قطع التيار الكهربى عن الدائرة فينقطع التيار المار فى الثايرستور ويتحول الثايرستور لحالة القطع Turn Off .

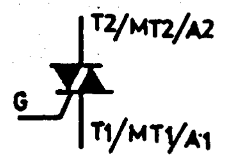
والجدير بالذكر أن الموحد D_1 يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربية المتولدة عند انقطاع التيار الكهربى عن ملف السماعة SPK وبالتالى تمنع تلف الثايرستور والشكل (٢-١٨) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات المتوفرة فى الأسواق .



الشكل (٢-١٨)

٢ / ٧ - الترياك Triac

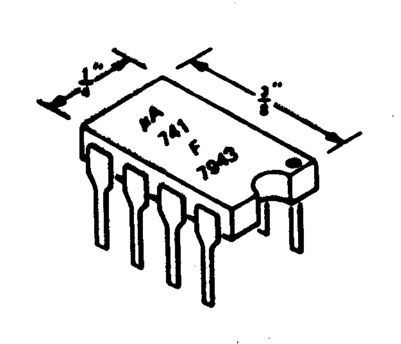
يستخدم الترياك كمفتاح فى دوائر التيار المتردد وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية . وللترياك ثلاثة أطراف وهى : الطرف الأول T_1، الطرف الثانى T_2 والبوابة G . وفى الوضع الطبيعى يكون الترياك فى حالة قطع Cut Off ويعمل كمفتاح مفتوح . وبمجرد تسليط فرق الجهد بين البوابة G والطرف T_2 يتحول الترياك لحالة الوصل ON ويعمل كمفتاح مغلق ويمر التيار الكهربى من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 طالما يوجد فرق جهد بين البوابة والطرف T_2 . وفيما يلي رمز الترياك .

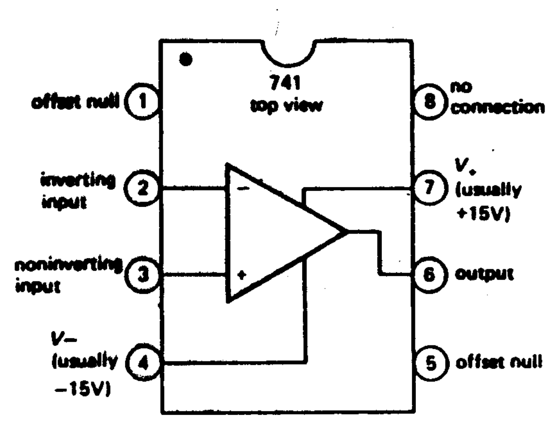


والشكل (٢-١٩) يوضح فكرة عمل الترياك فى دوائر التيار المتردد لتشغيل اللمبة L_1 .

أفـقى لأطرافـه ووظيـفـة كل منها.

كما يلاحظ وجود تجويف نصف دائرى على أحد جانبى مكبر العمليات وحتى يمكن معـرفـة أرقـام أرجل المكبـر يمسك باليـد بحـيث يكون التـجـويف النصف دائرى لأعلى فتكون النقطة المميـزة إلى اليـسـار، وتكون أول الأرجل إلى أعلى تجاه اليسار هى رقم (١) ويكون العـد بعـد ذلك فى اتجـاه عكس عقارب الساعة.





الشكل (٢-٢٠)

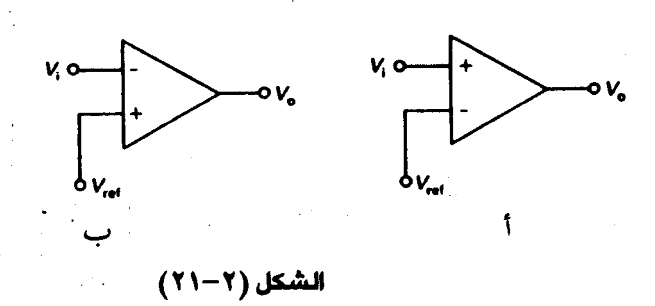
التعريف بأرجل مكبر العمليات :

الرجل		
	1	ضبط الخرج عند الصفر
	2	المدخل العاكس
	3	المدخل غير العاكس
	4	طرف التغذية السالبة للمكبر ويوصل بمنبع جهد 15V -
	5	ضبط الخرج عند الصفر
	6	طرف الخرج
	7	طرف التغذية الموجبة للمكبر ويوصل بمنبع جهد 15V+
	8	طرف لايوصل N.C

سوف نتناول عمل مكبر العمليات كمقارن للجهد.

الشكل (٢-٢١) يعرض دائرة مقارن جهد بسيط

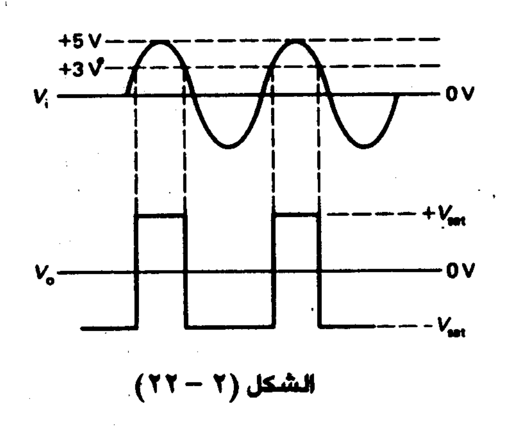
(أ) مقارن غير عاكس (ب) مقارن عاكس



الشكل (٢-٢١)

والشكل (٢-٢٢) يوضح نظرية عمل المقارن الغير عاكس.

حيث يكون الدخل على الطرف الغير العاكس موجه جيبية جهدها Vmax=5V ويوصل على الطرف العاكس بطارية جهدها 3V+ ، فيلاحظ أنه عندما يكون جهد الدخل على الطرف غير العاكس أكبر من 3V+ فإن خرج المكبر يكون عبارة عن جهد التشبع الموجب للمكبر Vast+ والذى يساوى 15V+ فى حين أنه عندما يكون الجهد على الطرف غير العاكس أقل من 3V+، فإن خرج المكبر يكون عبارة عن جهد التشبع السالب للمكبر والذى يساوى Vsat - ويساوى المصدر السالب 15V- تقريباً.



الشكل (٢ - ٢٢)

٢ / ٩ - الدوائر المتكاملة الرقمية

تنقسم الدوائر المتكاملة الرقمية إلى عائلتين تبعاً لتركيبها الداخلى وهما :

- عائلة TTL ويندرج تحتها عدة سلاسل مثل : سلسلة ..74
- عائلة CMOS ويندرج تحتها عدة سلاسل مثل سلسلة ..40

ولايختلف شكل الدوائر المتكاملة الرقمية عن شكل مكبر العمليات ولكن عدد أرجلها لايقل عادة عن 14 رجلاً وتتعامل الدوائر الرقمية مع الإشارات الرقمية والتى لها حالتان عالية High أو (1)، ومنخفضة Low أو (0). وتختلف قيم الجهود (1 و 0) تبعاً لنوع العائلة. فالبنسبة لعائلة TTL فإن الحالة (1) تقابل جهداً أكبر من 2V+ والحالة (0) تقابل جهداً أصغر من 0.8V. وتغذى هذه العائلة بجهد مصدر يساوى 5V+. وبالنسبة لعائلة CMOS فإن الحالة (1) تقابل جهداً أكبر من 2/3 جهد المصدر والحالة المنخفضة تقابل جهداً أقل من 1/3 جهد المصدر حيث إن جهد المصدر يتراوح ما بين (3:15V+).

وتعتبر البوابات المنطقية والقلابات من أبسط الدوائر الرقمية.

١ - **البوابات المنطقية Logic gates** : ويكون لها عدة مداخل وخرج واحد، ولكل بوابة جدول حقيقة يبين عمل البوابة. والشكل (٢-٢٣) يعرض رمز بوابة NOT (العاكس) وجدول الحقيقة لها ويلاحظ أن حالة خرج البوابة هو معكوس حالة دخلها.

مدخل —▷○— خرج

دخل	خرج
0	1
1	0

الشكل (٢-٢٣)

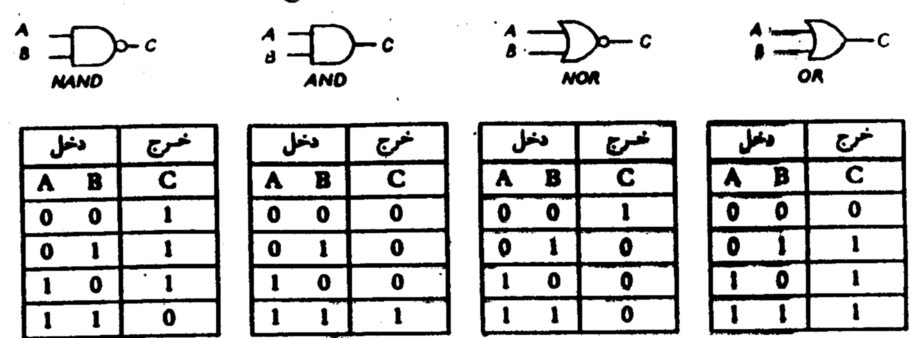
وهناك أربع بوابات أساسية أخرى مبينة بالشكل (٢-٢٤) وهى كما يلى:

بوابة OR ويكون خرجها (1) إذا كان حالة أحد مداخلها على الأقل (1).

بوابة NOR ويكون خرجها (0) إذا كان حالة أحد مداخلها على الأقل (1).

بوابة AND ويكون خرجها (1) إذا كان حالة جميع مداخلها (1).

بوابة NAND ويكون خرجها (0) إذا كان حالة جميع مداخلها (1).



OR

دخل A	دخل B	خرج C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOR

دخل A	دخل B	خرج C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

AND

دخل A	دخل B	خرج C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

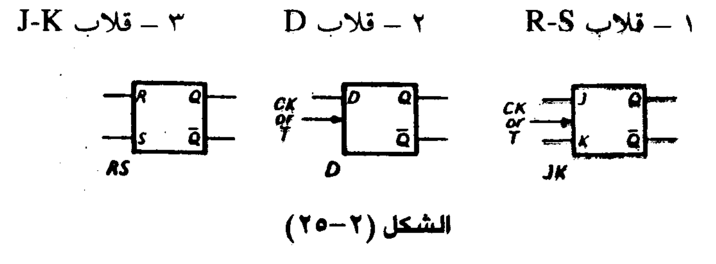
NAND

دخل A	دخل B	خرج C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

الشكل (٢-٢٤)

٢ - **القلابات Flipflops**: ويعتبر القلاب البنية الأساسية للذاكرة ويمكن بناء القلاب من البوابات المنطقية والشكل (٢-٢٥) يعرض رموز أهم القلابات وهي:

١ - قلاب R-S ٢ - قلاب D ٣ - قلاب J-K



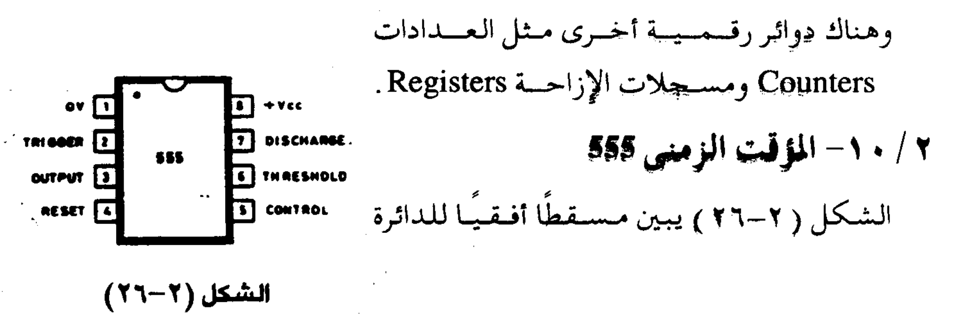
الشكل (٢-٢٥)

ولكل قلاب مخرجان متعاكسان هما Q و $\bar{Q}$. فبالنسبة للقلاب RS فإن حالة Q تكون عالية عندما تصل إشارة (1) للمدخل S وحالة $\bar{Q}$ تصبح عالية عندما تصل إشارة عالية للمدخل R. وبالنسبة للقلاب D فإن حالة المخرج Q تكون عالية عند وصول نبضة لمدخل النبضات CK بشرط أن تكون حالة مدخل البيانات D عالية (1) وبالنسبة للقلاب JK يكون حالة المخرج Q عالية (1) عند وصول نبضة لمدخل النبضات CK بشرط أن تكون حالة المدخل J عالية (1) والمدخل K منخفضة (0).

وهناك دوائر رقمية أخرى مثل العدادات Counters ومسجلات الإزاحة Registers.

٢ / ١٠ - المؤقت الزمني 555

الشكل (٢-٢٦) يبين مسقطاً أفقياً للدائرة



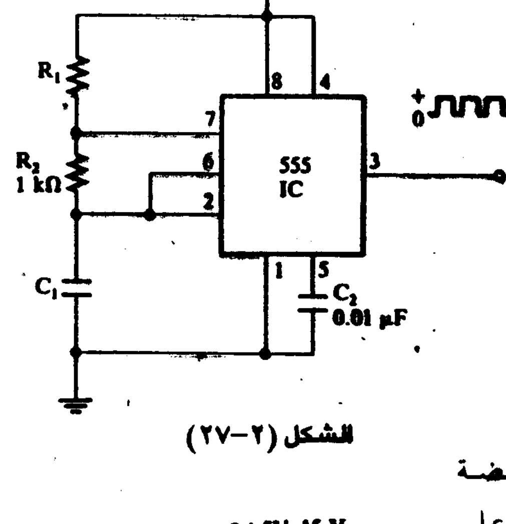
الشكل (٢-٢٦)

حيث إن :

الأرضي	(الرجل 1)	مدخل التحكم	(الرجل 5)
مدخل الإشعال	(الرجل 2)	مدخل جهد العتبة	(الرجل 6)
طرف الخرج	(الرجل 3)	مدخل التفريغ	(الرجل 7)
مدخل التحرير	(الرجل 4)	طرف التغذية الموجبة	(الرجل 8)

والشكل (٢-٢٧) يبين طريقة استخدام المؤقت 555 كمذبذب لامستقر ويمكن الحصول على تردد النبضات الخارجة من المعادلة .

$$F = \frac{1.44}{(R_1+2R_2)\,C_1} (HZ) \rightarrow 2.5$$



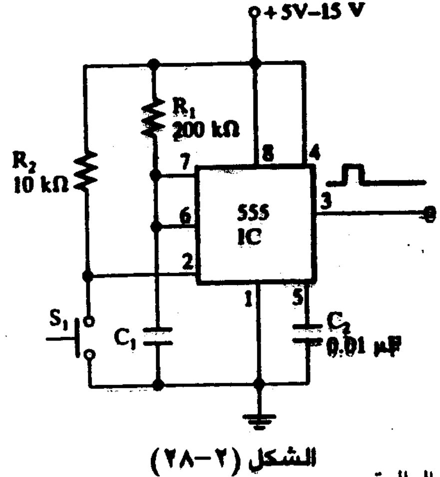
الشكل (٢-٢٧)

والشكل (٢-٢٨) يبين طريقة توصيل المؤقت 555 ليعمل كمذبذب أحادي الاستقرار ونحصل على زمن النبضة الخارجة على الرجل 3 عند الضغط على الضاغط S1 من المعادلة التالية

$$T = 1.11\, C_1 R_1 \quad (S) \rightarrow 2.6$$



والجدير بالذكر أن تيار خرج المؤقت 555 القياسي يصل إلى 200mA في حين أن جهد التشغيل يتراوح ما بين (4.5:18V) .



الشكل (٢-٢٨)

٢ / ١١ - مصادر القدرة المنتظمة

يتكون مصدر القدرة المنتظم من العناصر التالية :

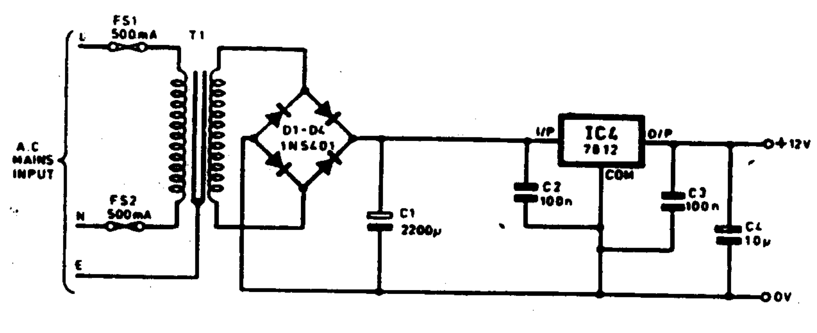
١ – محول

٢ – دائرة توحيد (مجموعة من الموحدات)

٣ – مرشح (مكثف)

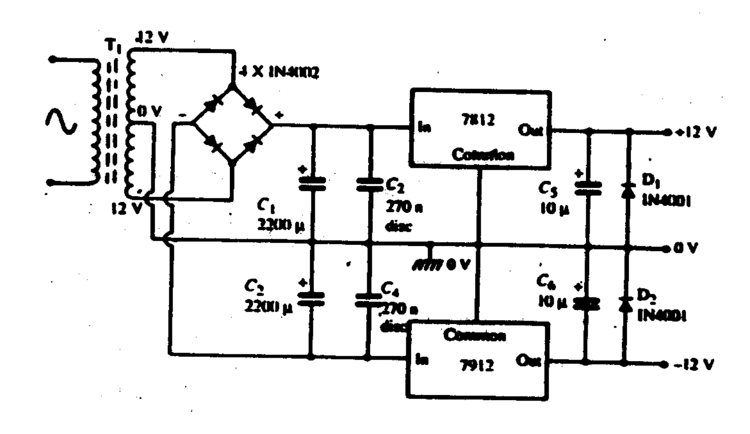
٤ – منظمات جهد مثل الدوائر المتكاملة عائلة ..78 والتى تعطى جهداً موجباً وعائلة ..79 والتى تعطى جهداً سالباً.

والشكل (٢–٢٩) يعرض مصدر قدرة بخرج منظم موجب حيث يستخدم منظم جهد 7812 والذى يعطى جهد خرج +12V وتيار خرج 1A.



الشكل (٢–٢٩)

والشكل (٢–٣٠) يعرض مصدر قدرة منتظم ومزدوج يعطى جهود خرج (-12V و0 و+12V) وتيار خرج أقصى 1A ويستخدم المنظمات 7812 و 7912



الشكل (٢–٣٠)

الباب الثالث

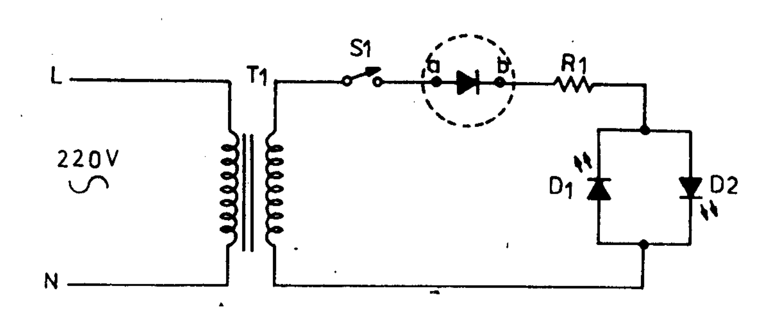
أجهزة اختبار العناصر الالكترونية

أجهزة اختبار العناصر الالكترونية

٣ / ١ - دوائر اختبار الموحدات Diode's

الدائرة رقم (١)

الشكل (٣-١) يبين دائرة جهاز لفحص الموحدات (الثنائيات) .



الشكل (٣-١)

عناصر الدائرة

مقاومة كربونية قيمتها 47Ω وقدرتها 0.5w	R_1
عدد اثنين موحد باعث للضوء	D_1,D_2
موحد سليكونى طراز 1N4001 المراد اختباره	D_3
محول له نسبة تحويل 220/4V - 500mA	T_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
عدد اثنين مقبس لتوصيل الموحد المراد اختباره	a,b

نظرية عمل الدائرة :

يتم توصيل الموحد D_3 المراد اختباره بين المقبسين a,b حيث يوصل الأنود بالطرف

a والكاثود بالطرف b يغلق المفتاح S1 فيمر تيار فى الدائرة فعندما يكون الجهد عند نقطة A أعلى من الجهد عند نقطة B؛ يكون الموحد D3 فى الانحياز الأمامى فيمر منه تيار كهربى إلى المقاومة R1، والتى تعمل كمحدد للتيار للحفاظ على الموحدات الباعثة للضوء D1,D2.

وبالنظر إلي توصيل كل من D1,D2 نجد أن D2 فى الانحياز الأمامى أيضاً فيمر خلاله التيار الآتى من R1 فيعطى إضاءة دليلاً على أن الموحد D3 سليم أى غير تالف.

أما إذا أعطى D1 إضاءة فى هذه الحالة يكون الموحد المراد اختباره موصل فى الاتجاه العكسى.

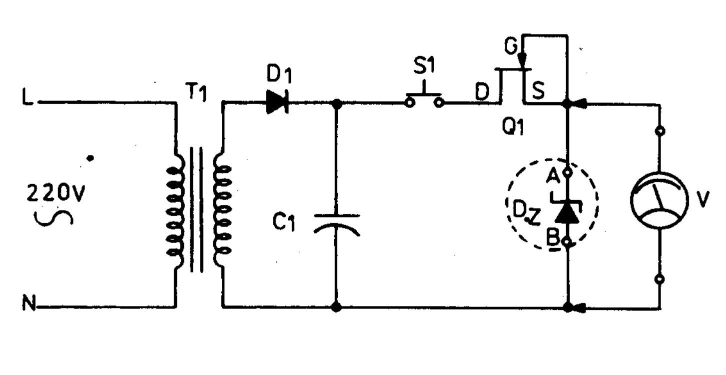
وإذا أعطى كل من D1,D2 إضاءة فى وقت واحد؛ فإن ذلك يدل على أن الموحد المراد اختباره به دائرة قصر.

وإذا لم يضيىء أى من D1,D2، دل ذلك على أن الموحد المراد اختباره به فتح.

٣ / ٢ - دوائر اختبار ثنائى الزينر

الدائرة رقم (٢)

الشكل (٣ - ٢) يبين دائرة يمكن بواسطتها تحديد جهد ثنائى الزينر وكذلك قطبيته.



الشكل (٣ - ٢)

عناصر الدائرة:

مكثف كيميائى سعته 50V/500µF	C_1
موحد سليكونى طراز 1N4002	D_1
ترانزستور تأثير المجال بقناة N	Q_1
ضاغط بريشة مفتوحة	S_1
محول له نسبة تحويل 1A - 220V/24V	T_1
جهاز فولتميتر ذو مدى 50V	V
ثنائى الزينر المراد فحصه	D_Z

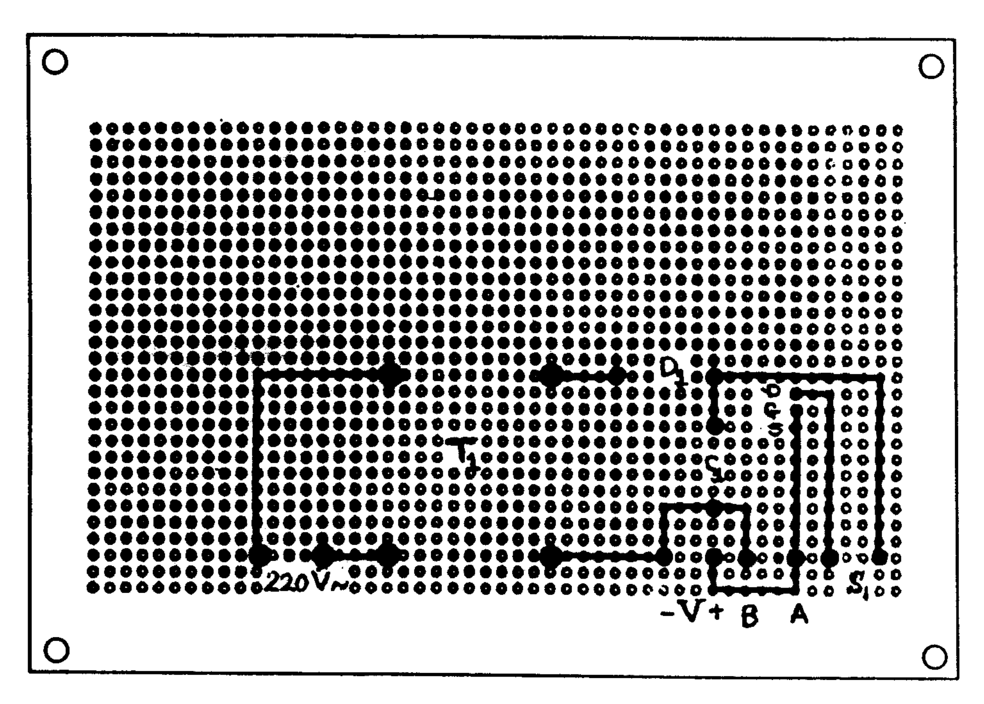
نظرية عمل الدائرة:

بالضغط على الضاغط S_1 يمر تيار مستمر فى الدائرة من دائرة توحيد نصف الموجة المؤلفة من المحول T_1 والموحد D_1 ومكثف الترشيح C_1 إلى الترانزستور Q_1 الذى يعمل كمحدد للتيار، حيث يمرر تيار شدته ما يقرب من 10mA بصرف النظر عن وجود ثنائى الزينر المراد فحصه والموصل بين النقطتين A , B، وعلى ذلك يكون التيار المار فى الدائرة هو تيار الترانزستور والذى يمر بدورة خلال ثنائى الزينر المراد فحصه DZ_1، وذلك لتوصيل ثنائى الزينر على التوالى مع الترانزستور Q_1 فى الدائرة وبتوصيل جهاز قياس الجهد (فولتميتر) على التوازى مع ثنائى الزينر يمكن قياس جهد الزينر.

كما أنه يمكن باستخدام الدائرة قياس جهد أى ثنائى زينر جهده أقل من 25V.

أما عن كيفية تحديد قطبية ثنائى الزينر، فإن هذا يتضح من قراءة جهاز القياس (الفولتميتر)، فإذا كانت قراءة جهاز القياس قيمة منخفضة تقدر بحوالي 0.8V فيكون ثنائى الزينر موصل فى اتجاه عكس الاتجاه الموضح بالرسم.

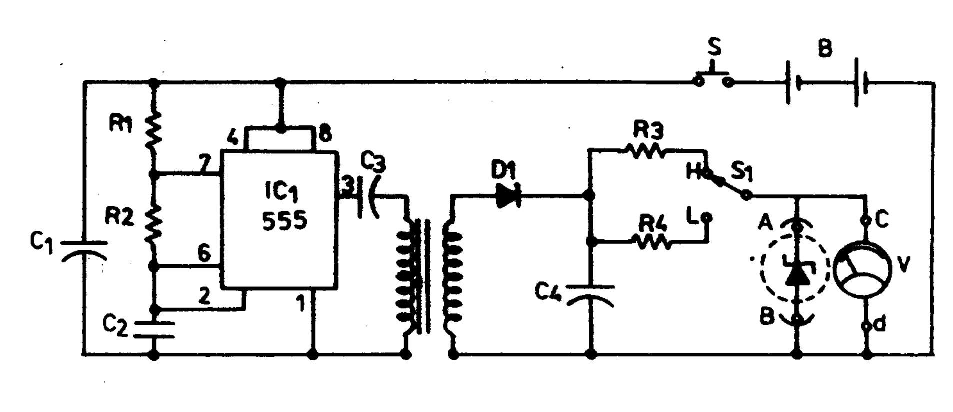
والشكل (٣ – ٣) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة، حيث يمكن تنفيذ هذا المخطط باستخدام لوحة توصيلات مثقبة.



الشكل (٣-٣)

الدائرة رقم(٣)

الشكل رقم (٣-٤) يبين دائرة يمكن بواسطتها اختبار صلاحية ثنائى الزينر وتستخدم هذه الدائرة فى فحص ثنائيات الزينر التى يزيد جهدها عن 33V.



الشكل (٣-٤)

عناصر الدائرة

مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/2.2K Ω	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/100K Ω	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/10K Ω	R_3
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/22K Ω	R_4
مكثف كيميائى سعته 10V/ 22µF	C_1
مكثف سيراميكى سعته 2.2 nF	C_2
مكثف كيميائى سعته 10V/ 4.7 µF	C_3
مكثف كيميائى سعته 100V/ 4.7 µF	C_4
موحد سليكونى طراز 1N4004	D_1
ثنائى الزينر المراد اختباره	D_Z

مؤقت زمني طراز 555	IC_1
ضاغظ بريشة مفتوحة	S
مفتاح قطب واحد سكتين	S_1
محول رافع طراز LT 700	T_1
بطارية 9V	B_1

نظرية عمل الدائرة :

باستخدام المؤقت الزمني 555 الذى يوصل فى الدائرة كمذبذب لا مستقر يمكن الحصول علي موجة مربعة ترددها يحسب من العلاقة :

$$F = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2)C_2} \text{ HZ}$$

وجهد الموجة المربعة الناتجة هنا يساوى تقريبًا جهد البطارية . يوصل هذا الجهد إلى الملف الابتدائى للمحول الرافع T_1 عن طريق المكثف C_3 فنحصل على طرفى الملف الثانوى للمحول على جهد يساوى تقريبًا 50Va.c يتم توحيد هذا الجهد وترشيحه بواسطة D_1 C_4

يوصل ثنائى الزينر المراد اختباره بين النقطتين A, B حيث يوصل مصعد ثنائى الزينر بالنقطة B ويوصل مهبطه بالنقطة A .

يضبط جهاز القياس متعدد الأغراض على وضع Vd. c ويوصل على التوازى مع ثنائى الزينر بين النقطتين C, d حيث يوصل الطرف الموجب لجهاز القياس بالنقطة C والطرف الأرضى للجهاز بالنقطة d .

القياس الأول :

يوضع المفتاح S_1 فى وضع L فيمر التيار الناتج من دائرة التوحيد خلال المقاومة R_4 والتي تعمل كمحدد للتيار فيمر خلالها تيار شدته من 1mA إلى 2mA ويتوقف شدة هذا التيار على جهد ثنائى الزينر المراد اختباره وبتوصيل ثنائى الزينر على التوالى مع R_4 يمر هذا التيار خلاله، وتؤخذ قراءة جهاز القياس التى تدل على جهد

ثنائى الزينر فى هذا الوضع وتسجل تلك القراءة.

القياس الثانى:

يعدل وضع المفتاح S_1 إلى وضع H فيمر التيار الناتج عن دائرة التوحيد خلال المقاومة R_3 ، ومن الملاحظ أن قيمة المقاومة R_3 تقريبًا نصف قيمة المقاومة R_4، وعلى ذلك يكون التيار المار خلالها من دائرة التوحيد ضعف التيار المار خلال المقاومة R_4. وهذا التيار يمر بدوره خلال ثنائى الزينر فيتولد على طرفيه فرق جهد يقاس بواسطة جهاز القياس الموصل على التوازى معه ويلاحظ زيادة جهد ثنائى الزينر فى هذه الحالة عن الحالة الأولى.

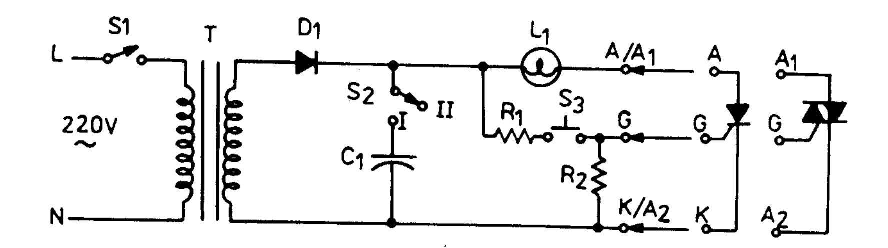
١ - إذا كان ثنائى الزينر تحت الاختبار غير تالف ويعمل بصورة سليمة، تكون الزيادة فى جهد الزينر لا تكاد تذكر ويمكن إهمالها. بل يمكن القول إن جهد ثنائى الزينر لم يتغير فى كل من الحالتين.

٢ - إذا كان ثنائى الزينر تحت الاختبار تالفًا ولا يعمل بصورة سليمة يكون هناك اختلاف واضح وقراءة جهاز القياس المسجلة فى الحالة الثانية تكون كبيرة عنها فى الحالة الأولى.

٣ / ٣ - دوائر اختبار الثايرستور والترياك

الدائرة رقم (٤)

الشكل (٣ - ٥) يعرض دائرة جهاز اختبار الثايرستورات والترياكات Triac's.



الشكل (٣- ٥)

عناصر الدائرة

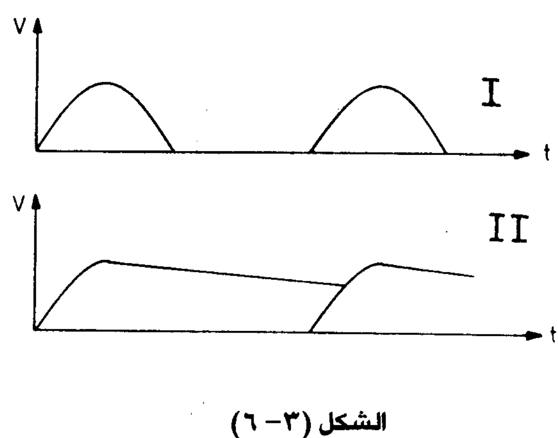
مقاومة كربونية قيمتها 3W/1K Ω	R_1 , R_2
مكثف كيميائى سعته 25V/500µF	C_1
موحد سليكونى طراز BY126	D_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
مفتاح قطب واحد سكتين	S_2
ضاغط بريشة مفتوحة	S_3
لمبة بيان 6.3V/ 3A	L_1
محول له نسبة تحويل 500mA - 220V/ 6V	T

نظرية عمل الدائرة:

أولاً: فحص الثايرستور

يتم توصيل الثايروستور المراد فحصه مع الأطراف $A/ A_1, G, K/ A_2$ حيث يوصل الأنود مع الطرف A/ A_1 والكاثود مع K/ A_2 والبوابة مع الطرف G.

بغلق المفتاح S_1 تعمل الدائرة المؤلفة من T,D_1 ,C_1 كدائرة توحيد نصف موجة مرشحة إذا كان المفتاح S_2 على وضع I، وغير مرشحة إذا كان المفتاح S_2 على وضع II. والشكل (٣ - ٦) يبين شكل خرج دائرة التوحيد فى الحالتين.



الشكل (٣- ٦)

فى بداية تشغيل الدائرة يوضع المفتاح S_2 على الوضع I فإذا أضاءت اللمبة L_1 إضاءة خافتة، دل ذلك على أن الثايرستور به تسريب أما إذا أضاءت اللمبة إضاءة ناصعة؛ دل ذلك على أن الثايرستور به دائرة قصر. أما إذا كانت اللمبة معتمة فنستمر فى إجراءات الفحص، حيث نضغط علي الضاغط S_3. فإذا أضاءت اللمبة L_1 وظلت مضيئة حتي بعد إزالة الضغط عن S_3؛ فهذا يعنى أن الثايرستور تحت الفحص سليم. ثم تقوم بفصل الدائرة بواسطة S_1.

يحول المفتاح S_2 إلى الوضع II ونكرر ما سبق ثم يضغط على الضاغط S_3 فإذا أضاءت اللمبة L_1 طوال فترة الضغط على S_3 ثم انطفأت بمجرد إزالة الضغط عنه؛ دل ذلك على أن الثايرستور سليم.

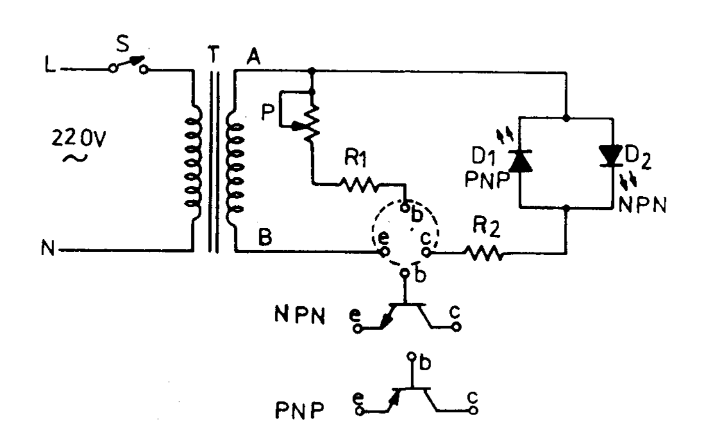
ثانيًا : فحص الترياك :

لا تختلف خطوات اختبار الترياك عن الثايرستور ويمكن اتباع ما سبق.

٣ / ٤ - أجهزة فحص الترانزستور

الدائرة رقم (٥)

الشكل (٣- ٧) يعرض دائرة جهاز فحص صلاحية الترانزستورات، PNP, NPN وتحديد نوعها.



الشكل (٣ - ٧)

عناصر الدائرة

مقاومة كربونية قيمتها $150\ \Omega/W\ \frac{1}{2}$	R_1
مقاومة كربونية قيمتها $470\Omega/W\ \frac{1}{2}$	R_2
مقاومة متغيرة قيمتها $1W/250\ K\Omega$	P
موحد باعث للضوء 150 m A	D_1 , D_2
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
محول له نسبة تحويل 250mA - 220V/ 4V	T

نظرية عمل الدائرة:

يوصل الترانزستور المراد فحصه مع النقاط c و b و e حيث يوصل الباعث مع النقطةe، والقاعدة مع b، أما المجمع فيوصل مع النقطة C. تضبط المقاومة المتغيرة P عند أعلى نقطة لها، ثم يغلق المفتاح S، وتقلل قيمة المقاومة P تدريجيًا حتى يضىء أحد الموحدين D_2 أو D_1.

أ- فى حالة فحص ترانزستور من النوع PNP يضىء الموحد المشع D_1 حيث تكون قاعدة الترانزستور b سالبة بالنسبة للباعث e فى نصف الموجة السالبة شكل (٣-٨) فيتحول الترانزستور إلى حالة الوصل ON ويمر التيار الكهربى من الباعث e إلى المجمع C فيضىء الموحد D_1.

الشكل (٣-٨)

ب- فى حالة فحص ترانزستور من النوع NPN يضىء D_2 حيث تكون قاعدة الترانزستور b موجبة بالنسبة للباعث e فى نصف الموجة الموجبة شكل (٣- ٧) فيتحول الترانزستور إلى حالة الوصل ON، ويمر التيار الكهربى من المجمع C إلى الباعث e؛ فيضىء الموحد D_2.

جـ- إذا أضاء كل من D_2 و D_1 معًا، فهذا يعنى أن الترانزستور تحت الفحص به دائرة

قصر وذلك فى كلتا الحالتين.

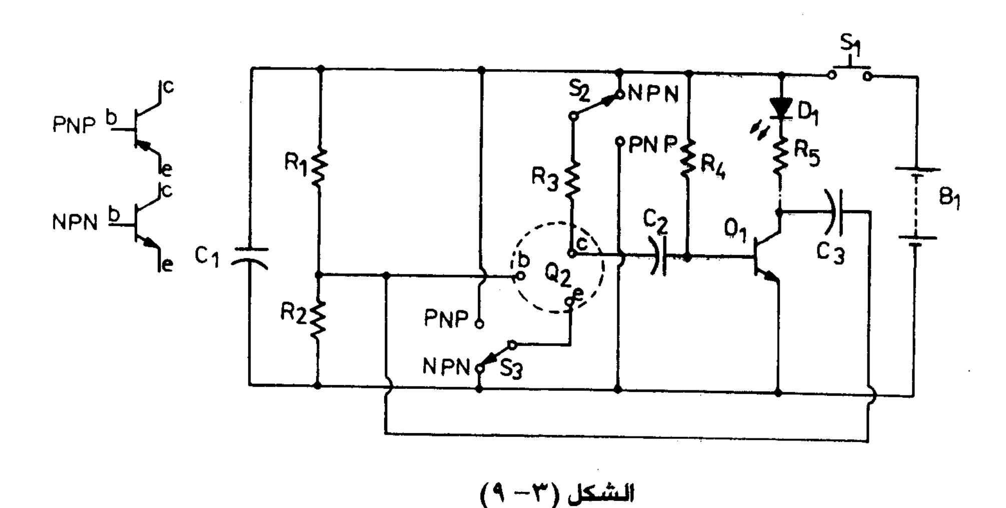
د - إذا لم يضئ أى من D_2, D_1 فهذا يعنى أن الترانزستور تحت الفحص به فتح Open وذلك فى كلتا الحالتين.

الدائرة رقم (٦)

الشكل (٣- ٩) يعرض دائرة لجهاز فحص الترانزستورات NPN , PNP.

عناصر الدائرة

مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/33K Ω	R_1 , R_2 , R_4
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/2.2K Ω	R_3
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/1.5K Ω	R_5
مكثف كيميائى سعته 10V/ 100 µF	C_1
مكثف كيميائى سعته 10V/ 10 µF	C_2, C_3
موحد باعث للضوء طراز TIL 209	D_1
ترانزستور NPN طراز BC 108	Q_1
ترانزستور تحت الاختبار (NPN , PNP)	Q_2
ضاغط بريشة مفتوحة	S_1
مفتاح قطب واحد سكتين	S_2, S_3
بطارية 9V	B_1



الشكل (٣- ٩)

نظرية عمل الدائرة:

ترتكز فكرة عمل الدائرة على أنها تعمل كمذبذب ثنائى الاستقرار عند توصيل الترانزستور Q_2 (المراد اختباره) مع الترانزستور Q_1 والموصل أساسًا فى الدائرة. ويوصل الترانزستور المراد اختباره بالنقاط c و b و e حيث يوصل الباعث بالنقطة e والقاعدة بالنقطة b ويوصل المجمع بالنقطة C.

١ - اختبار ترانزستور (NPN)

يوصل الترانزستور المراد اختباره (Q_2) من النوع NPN بالدائرة بين النقاط e, b, c. وعلي ذلك نجد أن المقاومة R_1 تعطى جهد انحياز قاعدة Q_2، كما أن R_3 تعتبر الحمل الموصل على مجمع Q_2 وتوصل بالطرف الموجب للبطارية بواسطة المفتاح S_2 عندما يكون علي وضع NPN. كما يوصل طرف الباعث للترانزستور Q_2 بالطرف السالب للبطارية بواسطة المفتاح S_3 عندما يكون أيضًا على وضع NPN.

فى حين أن المقاومة R_4 تغذى قاعدة Q_1 بجهد الانحياز اللازم لها، والمقاومة R_5 تعمل كمحدد للتيار وتوصل على التوالى مع D_1 ويعملان معًا (D_1 و R_5) كحمل لمجمع الترانزستور Q_1. أما المكثفان C_2 و C_1 فهما مكثفا ربط بين كل من Q_2 و Q_1.

عند الضغط على S_1 يبدأ المذبذب بالعمل ويولد ترددًا يتراوح ما بين 2HZ

إلى 3HZ مما يؤدى إلى تحويل Q_1 إلى مفتاح ON - OFF وباستمرار فتح وغلق Q_1 يمر تيار متقطع خلال D_1 فيضيء، وينطفئ دلالة على صلاحية Q_2. أما إذا كان Q_2 تالفاً فإن R_4 يمر خلالها تيار من البطارية إلى قاعدة Q_1 فيتحول إلى وضع ON ويستمر مرور التيار ويظل D_1 فى حالة إضاءة متصلة.

٢- اختبار ترانزستور (PNP)

بتوصيل الترانزستور (Q_2) من النوع (PNP) يجب تغيير قطبية نقاط توصيله بالدائرة؛ وذلك بتحويل وضع كل من S_2, S_3 إلي وضع (PNP)، وبذلك نحصل على القطبية الصحيحة للترانزستور المراد اختباره. وعلى ذلك نجد أن R_3 التي تعتبر الحمل الموصل على مجمع Q_2 أصبحت موصلة بالطرف السالب للبطارية عن طريق المفتاح S_2. كما يوصل باعث Q_2 بالطرف الموجب للبطارية عن طريق المفتاح S_3. وتقوم المقاومة R_2 بإعطاء جهد انحياز قاعدة Q_2 ولا يكون هناك تأثير للمقاومة R_1 فى الدائرة فى تلك الحالة.

كما أنه من الواضح لا يوجد تغيير فى عمل المكونات الأخرى بالدائرة.

عند الضغط على S_1 تعمل الدائرة كمذبذب ثنائى الاستقرار تردده من 2 : 3 HZ وباستمرار تغير حالة الترانزستور Q_1 من التوصيل إلى القطع يمر تيار متقطع خلال D_1 فيعطى إضاءة متقطعة ؛ دلالة على صلاحية Q_2.

أما إذا كان Q_2 تالفا فإن الدائرة لا تعمل كمذبذب؛ ولكن Q_1 يحصل على جهد انحياز كافٍ على طرف القاعدة عن طريق R_4، فيمر فيه تيار متصل يؤدى إلى إضاءة D_1 إضاءة مستمرة.

ملاحظـة:

١- قيمة التيار المستهلك فى الدائرة يكون فى حدود 6mA وعلى ذلك فإن استخدام بطارية 9V من الحجم PP6 كافية لتشغيل الدائرة.

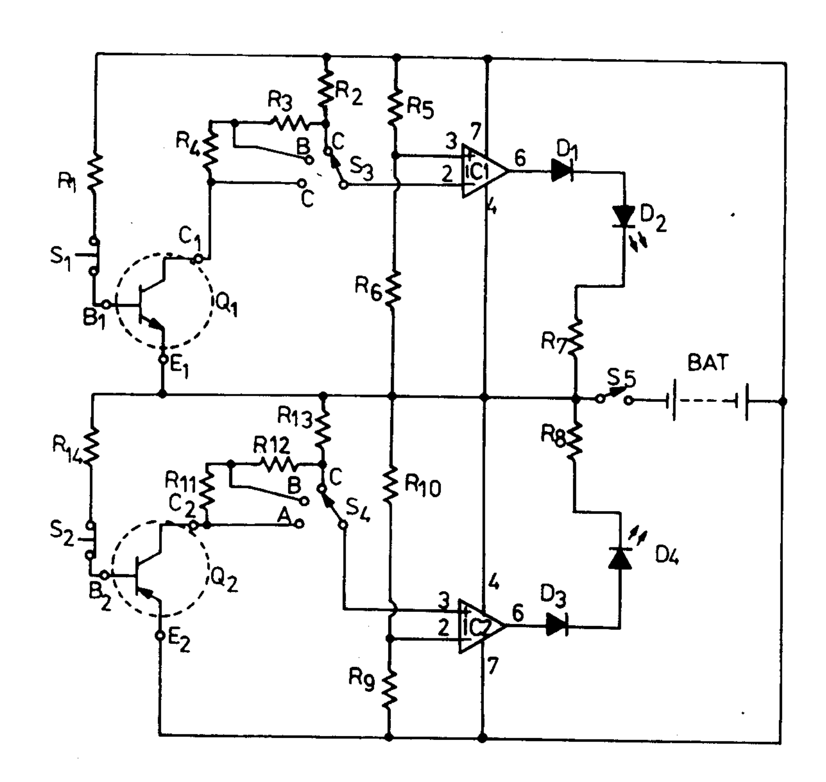
٢- من المستحسن استخدام ثلاثة مقابس صغيرة تثبت متقاربة على شكل مثلث، لإمكان توصيل الترانزستورات الصغيرة بدون صعوبة عند اختبارها. وتلك المقابس تمثل نقاط توصيل الترانزستورات الثلاث (ebc).

الدائرة رقم (٧)

الشكل رقم (٣ – ١٠) يعرض دائرة أخرى لفحص الترانزستورات ثنائية القطبية PNP , NPN

باستخدام هذه الدائرة يمكن معرفة ما إذا كان الترانزستور سليمًا أم تالفًا كما أنه يمكن معرفة كسب التيار للترانزستور.

ومن المعروف أن مستوى A للترانزستورات يكون كسب التيار لها (270 . 140)، والمستوى B كسب التيار له (500 : 270)، أما المستوى C فإن كسب التيار له يكون (>500).



الشكل (٣– ١٠)

عناصر الدائرة

مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/820K Ω	R_1 , R_{14}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/220 Ω	R_2 , R_{13}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/180Ω	R_3 , R_{12}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/390Ω	R_4 , R_{11}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/1KΩ	R_5 , R_{10}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/8.2KΩ	R_6 , R_9
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/390Ω	R_7 , R_8
موحد سليكونى طراز BA127	D_1 , D_3
موحد باعث للضوء (أحمر- أخضر)	D_2 , D_4
ترانزستور تحت الاختبار NPN	Q_1
ترانزستور تحت الاختبار PNP	Q_2
مكبر عمليات طراز 741	IC_1 , IC_2
ضاغط بريشة مغلقة	S_1 , S_2
مفتاح قطب واحد ثلاثة أوضاع	S_3 , S_4
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_5
بطارية 9V	B_{att}

نظرية عمل الدائرة:

لفحص ترانزستور NPN يتم وضعه فى مكان Q_1 فيوصل طرف القاعدة فى نقطة B_1 وطرف المجمع فى نقطة C_1، أما الباعث فيوصل مع النقطة E_1. فى حين أنه لفحص ترانزستور من النوع PNP فإنه يوضع فى مكان Q_2 حيث يوصل الباعث فى النقطة E_2، المجمع فى النقطة C_2 أما القاعدة فتوصل مع النقطة B_2.

١ - فحص ترانزستور (NPN)

يوضع الترانزستور NPN مكان Q_1 وبنفس الطريقة السابقة ويغلق المفتاح S_5. فتغذى الدائرة بجهد البطارية 9V ويمر التيار الكهربى فى الدائرة فينشأ جهد ثابت على الطرف (3) كمكبر العمليات IC_1، وذلك لتوصيله فى نقطة اتصال R_6 مع R_5 اللتان تعملان كمجزئ لجهد البطارية. ويعمل مكبر العمليات IC_1 كمقارن فى الدائرة. أما الترانزستور Q_1 (تحت الاختبار) فيمر إلى قاعدته تيار يقدر بحوالى $10\mu A$ عن طريق المقاومة R_1 هذا التيار يجعل الترانزستور فى وضع التوصيل ON، وذلك حيث إن طرفى المجمع والباعث للترانزستور موصلان فى الانحياز الصحيح فنلاحظ توصيل الباعث مباشرة بالقطب السالب للبطارية والمجمع بالطرف الموجب لها عن طريق المقاومات (R_2 , R_3 , R_4) والتى تعتبر بمثابة الحمل الموصل على المجمع.

بوضع المفتاح S_3 فى الوضع (C) يتم مقارنة الجهد عند هذه النقطة والموصل على الطرف العاكس لمكبر العمليات (2) مع الجهد الثابت الموجود على الطرف غير العاكس لمكبر العمليات (الطرف رقم 3).

فإذا كان الترانزستور من المستوى C؛ فإن كسب التيار له 500< يعنى هذا أن تيار المجمع I_C عال جداً بالمقارنة بتيار القاعدة I_B، ويكون جهد النقطة C أقل من الجهد عند الطرف (3)، ويكون خرج IC_1 (الطرف رقم 6) عالياً (H) مما يؤدى إلى مرور تيار خلال D_1 إلى D_2 الذى يعطى إضاءة دلالة على أن الترانزستور يعمل بصورة سليمة كما يدل على أن الترانزستور من المستوى (C).

أما إذا لم يضىء D_2 فى هذا الوضع فإن هذا يعنى أن الترانزستور ليس من المستوى (C) فيحول S_3 إلى الوضع (B)، فإذا أعطى D_2 إضاءة كان الترانزستور من المستوى (B) ذو كسب تيار يتراوح ما بين (500 : 270) وإذا لم يضىء D_2 فى هذا الوضع أيضًا يحول المفتاح S_3 إلى الوضع (A) ذو كسب التيار (270 : 140).

مما سبق يمكن القول إن أى من الأوضاع الثلاثة للمفتاح S_3 الذى يعطى عنده D_2 إضاءة يكون الترانزستور تحت الاختبار من المستوى المشار إليه بالمفتاح S_3.

أمـا إذا لـم يضىء D2 فى أى من الأوضاع الثلاثة للمفتاح S3 فـهـذا يعنى أن الترانزستور تحت الاختبار به دائرة مفتوحة (open) أو يكـون كسب التيار له أقل من 140 .

وإذا كـان D2 فى حالة إضاءة مستمرة فإننا يمكن أن نقوم بتقطيع تيار القاعدة للترانزستور بواسطة الضاغط S1، فإذا أصبحت إضاءة D2 متقطعة بصورة مناظرة لتقطيع تيار القاعدة فإن الترانزستور تحت الاختبار يكون سليمًا . أما إذا لم يكن هناك أى تأثير واستمرت إضاءة D2 متصلة . فإن هذا يعنى أن وصلة الباعث والمجمع للترانزستور فى حالة قصر (shart) .

٢- فحص ترانزستور PNP

لا تختلف طريقة فحص ترانزستور من النوع PNP عن طريقة فحص ترانزستور من النوع NPN . عدا أن الترانزستور المراد اختباره يوضع مكان الترانزستور Q2 ثم يغلق المفتاح S5. فتغذى الدائرة بجهد البطارية 9V، ويمر تيار كهربى فى الدائرة فيؤدى ذلك إلى وجود جهد ثابت على الطرف العاكس (2) لمكبر العمليات IC2 الذى يعمل فى الدائرة كمقارن .

وباختيار أى من الأوضاع الثلاثة للمفتاح S4 يتم مقارنة الجهد الواقع على الطرف غير العاكس (3) مع الجهد الثابت للطرف العاكس (2) فعند إضاءة D4 يكون الترانزستور تحت الاختبار Q2 سليمًا، ويعمل بصورة جيدة، كما يعتبر كسب التيار له من نفس المستوى المشار إليه بوضع المفتاح S4 .

أمـا إذا لم يضئ D4 فى أى من الأوضاع الثلاثة للمفتاح S4، فـهـذا يعنى أن الترانزستور تحت الاختبار . إما أن يكون مفتوحًا (open) أو يكون كسب التيار له أقل من 140 .

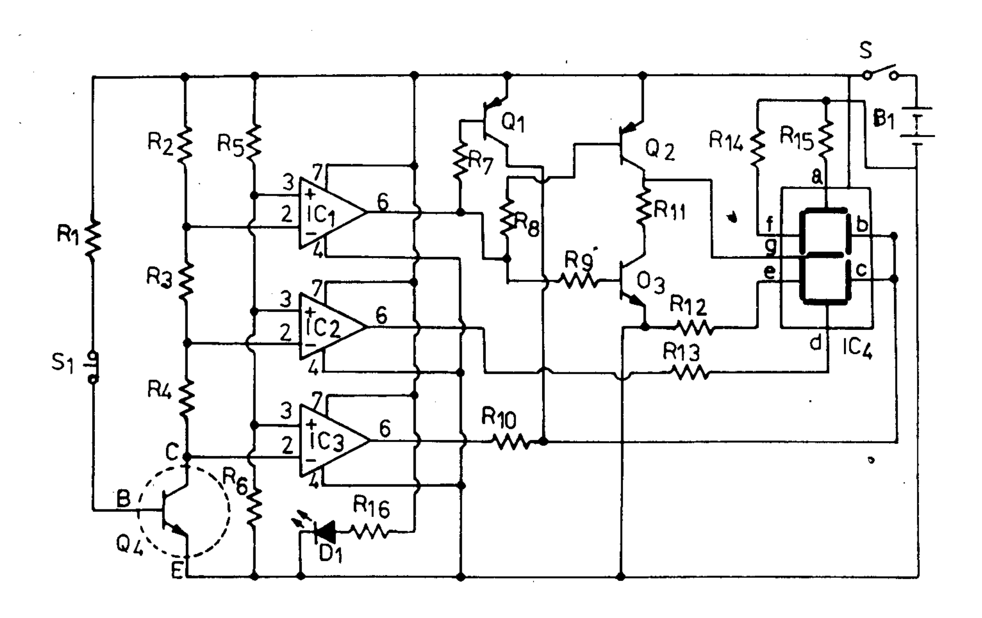
وإذا كانت إضاءة D4 متصلة فيمكن أيضًا تقطيع تيار القاعدة للترانزستور Q2 بواسطة الضاغط S2، فإذا أصبحت إضاءة D4 متقطعة بصورة مناظرة لتقطيع تيار القاعدة فإن الترانزستور يكون سليماً . أما إذا لم تتأثر إضاءة D4 فإن هذا يعنى أن الترانزستور تحت الاختبار به دائرة قصر (short) .

الدائرة رقم (٨)

الشكل رقم (٣– ١١) يعرض دائرة أخرى لجهاز اختبار ترانزستور من النوع NPN كما أن بواسطة هذه الدائرة يمكن معرفة مستوى كسب التيار للترانزستور (A, B, C) كما أنه يمكن معرفة ما إذا كان الترانزستور تحت الاختبار سليمًا أم تالفًا.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/820 Ω	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/220 Ω	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/180Ω	R_3 , R_{10}
مقاومة كربونية قيمتها 0.52W/390Ω	R_4 , R_{11} - R_{16}
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/1KΩ	R_5
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/8.2KΩ	R_6
مقاومة كربونية قيمتها 0.25W/39KΩ	R_7: R_9
موحد باعث للضوء	D_1
ترانزستور PNP طراز BC 206	Q_1 , Q_2
ترانزستور NPN طراز BC 108	Q_3
ترانزستور NPN المراد اختباره	Q_4
مكبر عمليات طراز 741	IC_1 , IC_3
شاشة عرض ذات الشرائح السبع طراز MAN 72A (مصعد مشترك)	IC_4
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S
ضاغط بريشة مغلقة	S_1
بطارية 9V	B_1



الشكل (٣- ١١)

نظرية عمل الدائرة:

يوصل الترانزستور المراد اختباره (NPN) في مكان الترانزستور Q_4، ثم يغلق المفتاح S فتتصل البطارية B_1 بالدائرة. وعندما يكون الضاغط S_1 مغلقاً؛ يمر تيار كهربى عبر المقاومة R_1 إلى قاعدة Q_4. ولحصول الترانزستور Q_4 على الانحياز الصحيح يتحول إلى حال التوصيل ON، فيمر تيار كهربى فى المقاومات R_2, R_3 , R_4. ويتوقف شدة تيار المجمع للترانزستور Q_4 على كسب التيار له حيث إن تيار القاعدة I_B يعتبر ثابت.

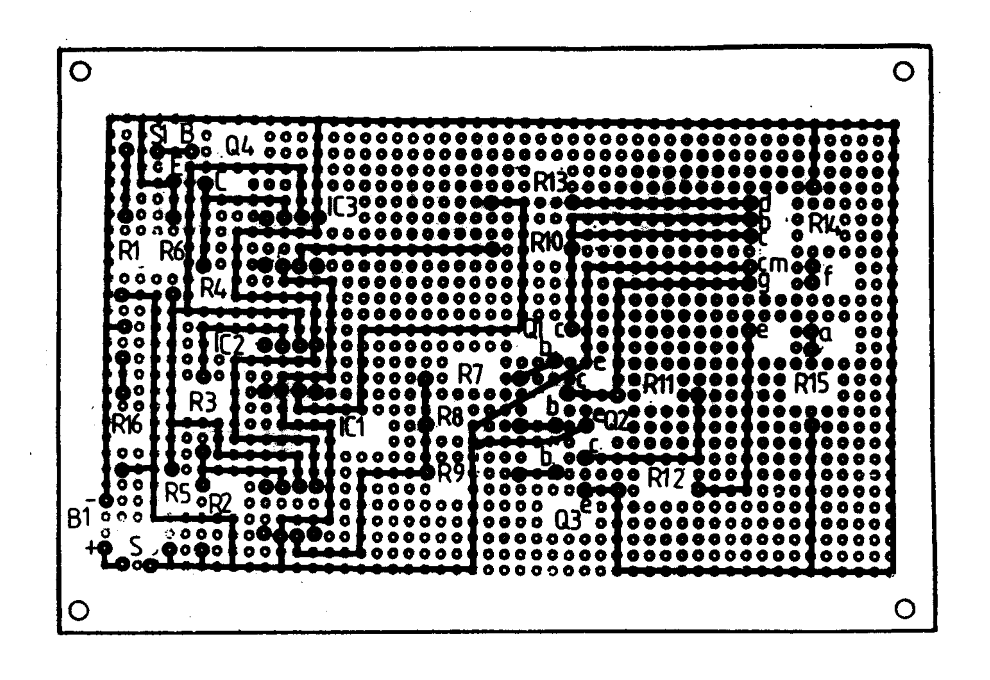
الجهد المستمر الواقع على كل من المقاومات R_2, R_3 , R_4 والناتج من مرور تيار مجمع Q_4 يتم مقارنته بواسطة المقارنات الثلاث Ic_1, Ic_2 , Ic_3 مع الجهد الثابت الموصل على الأطراف غير العاكسة لكل من هذه المقارنات. فكلما زاد كسب التيار للترانزستور يترفع الجهد الواقع على المقاومات R_2, R_3 , R_4 و ذلك لزيادة تيار المجمع للترانزستور Q_4 فينخفض خرج المقارنات (LOW). وبواسطة المقاومات $(R_7 : R_{10} , R_{13})$ وكذلك $Q_1 : Q_3$ يحول هذا الخرج إلى أحرف ترسم على شاشة العرض IC_4.

فإذا كان كسب التيار للترانزستور من المستوى A؛ فإن خرج المقارنات يؤدى إلى إضاءة الشرائح (a, b, c, e, f, g) مظهرة حرف A على شاشة العرض. وكذلك إذا كان كسب التيار للترانزستور تحت الاختبار من المستوى B أو C فيظهر الحرف المناظر على شاشة العرض.

هذا إذا كان الترانزستور سليمًا وغير تالف أما إذا كان الترانزستور تالفًا، أو أن مكان توصيل الترانزستور للاختبار فارغاً، وكذلك إذا كان الضاغط S_1 مفتوحاً فإن شاشة العرض يظهر عليها حرف F.

علمًا بأن إضاءة D_1 تعطى دلالة على بدء مرور التيار فى الدائرة أو أن الدائرة غير مفتوحة.

والشكل (٣- ١٢) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة ويمكن تنفيذها باستخدام لوحة توصيلات مثقبة.

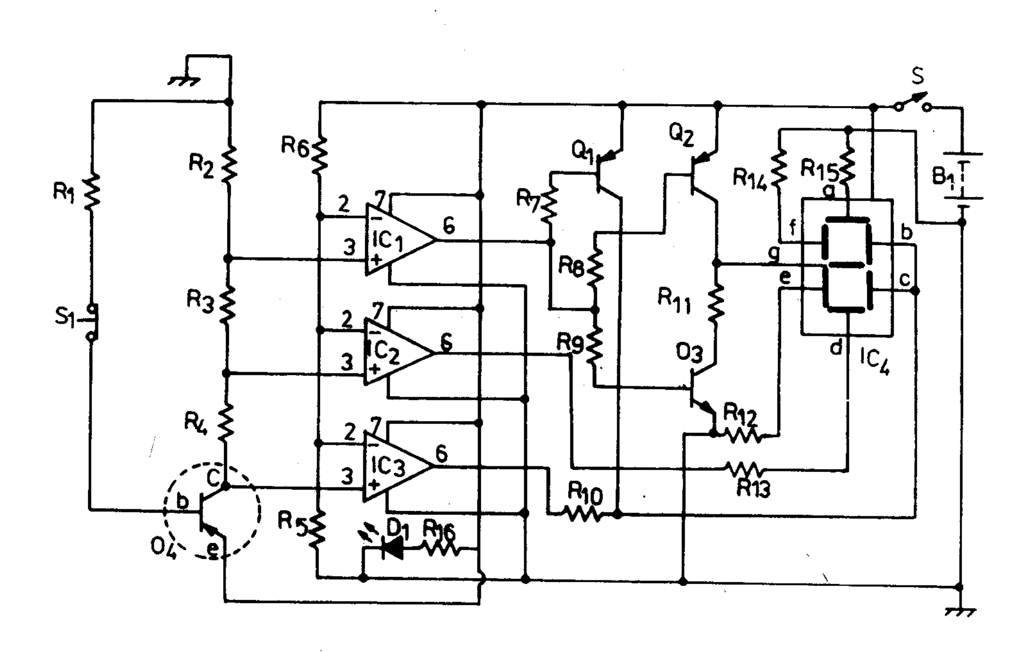

S1
B
Q4
E
C
IC3
R13
R10
R14
R1
R6
R4
IC2
Q1
R7
R11
R15
R3
IC1
R8
Q2
R16
R9
R12
R5
R2
Q3
B1
S

الشكل (٣-١٢)

الدائرة رقم (٩)

الشكل (٣- ١٣) يعرض دائرة أخرى لجهاز اختبار ترانزستور ثنائى القطبية طراز PNP

كما أنه بواسطة الدائرة يمكن معرفة مستوى كسب التيار للترانزستور (A, B or C) كما يمكن معرفة ما إذا كان الترانزستور سليمًا أم تالفًا .



الشكل (٣- ١٣)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 820 Ω	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 220 Ω	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 180 Ω	R_3, R_{10}
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 390 Ω	R_4, R_{11}: R_{16}
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w 1k Ω	R_5

مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 8.2k Ω	R_6
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 39k Ω	R_7: R_9
موحد باعث للضوء	D_1
ترانزستور PNP طراز BC 206	Q_1, Q_2
ترانزستور NPN طراز BC 108	Q_3
مكبر عمليات طراز 741	IC_1: IC_3
شاشة عرض ذات الشرائح السبع مصعد مشترك طراز MAN 72A	IC_4
مفتاح قطب واحدة سكة واحدة	S
ضاغط ذو ريشة مغلقة	S_1
بطارية 9V	B
ترانزستور PNP تحت الاختبار (BC 177)	Q_4

نظرية عمل الدائرة:

يوضع الترانزستور المراد اختباره طراز PNP فى مكان Q_4 حيث يوصل الباعث بنقطة e والقاعدة بنقطة b والمجمع بنقطة C.

عندما يكون الضاغط S1 مغلقًا وبإغلاق المفتاح S توصل البطارية بالدائرة؛ ويلاحظ أنه عندما يكون كسب التيار للترانزستور Q_4 من المستوى A فإنه تضىء الشرائح (a, b, c, e, f, g) مظهرة حرف A على شاشة العرض IC_4. أما إذا كان مستوى كسب التيار للترانزستور من المستوى B أو C فإنه يظهر الحرف المناظر على شاشة العرض. هذا إذا كان الترانزستور غير تالف.

أما إذا كان الترانزستور تالفًا أو غير موجود أساسًا فى وضع الاختبار أو كان الضاغط S_1 غير مغلق (open) فإنه يظهر على شاشة العرض حرف F. كما أنه إضاءة الموحد D_1 تدل على بدء مرور التيار الكهربى فى الدائرة وأن الدائرة

مغلقة .

والجدير بالذكر أنه يمكن إعداد جهاز يتألف من الدائرة رقم (8) والدائرة رقم (9) لفحص نوعى الترانزستور ثنائى القطبية من النوعين PNP, NPN .

ومما سبق يتضح أن نظرية عمل الدائرة رقم (9) مشابهة لنظرية عمل الدائرة (8) تماماً فيما عدا أن الجهود معكوسة نظراً لتغيير نوع الترانزستور .

الباب الرابع

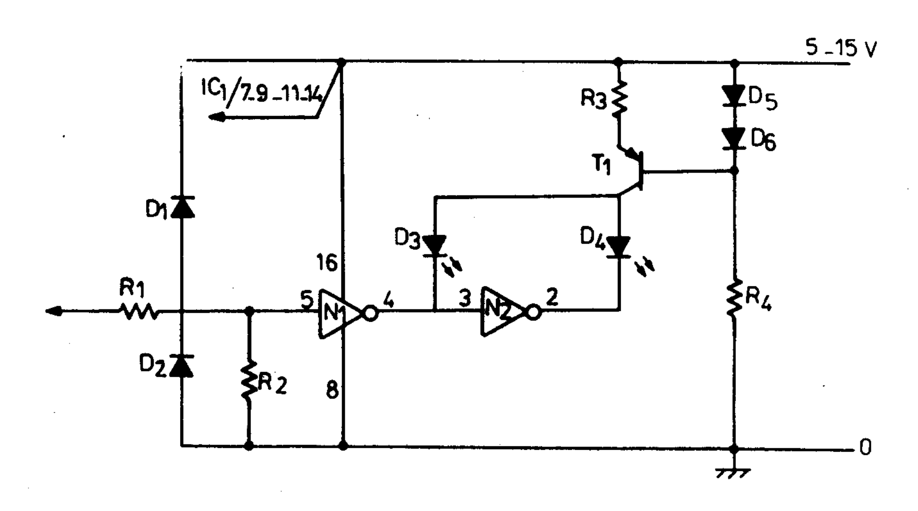
أجهزة اختبار الدوائر المتكاملة

أجهزة اختبار الدوائر المتكاملة

٤ / ١ - دوائر المجسات المنطقية

الدائرة رقم (١٠)

الشكل (٤ - ١) يعرض دائرة بسيطة لفحص الدوائر المتكاملة الرقمية عائلة CMOS.



الشكل (٤ - ١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 100K Ω	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 10M Ω	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 56 Ω	R_3
مقاومة كربونية قيمتها 0.25w / 6.8K Ω	R_4
موحدات سليكونية طراز 1N 4148	D_1, D_2, D_5, D_6

موحد باعث للضوء أحمر 10mA	D_3
موحد باعث للضوء أخضر 10mA	D_4
دائرة متكاملة تحتوى على أربعة عواكس طراز 4049	IC_1
ترانزستور PNP طراز BC 557	T_1

نظرية عمل الدائرة:

تعمل العناصر التالية T_1, R_3, R_4, D_5, D_6 كمصدر تيار للموحدات الباعثة للضوء D_3, D_4 وتصل شدة التيار المار فى تلك الموحدات إلى 12 mA.

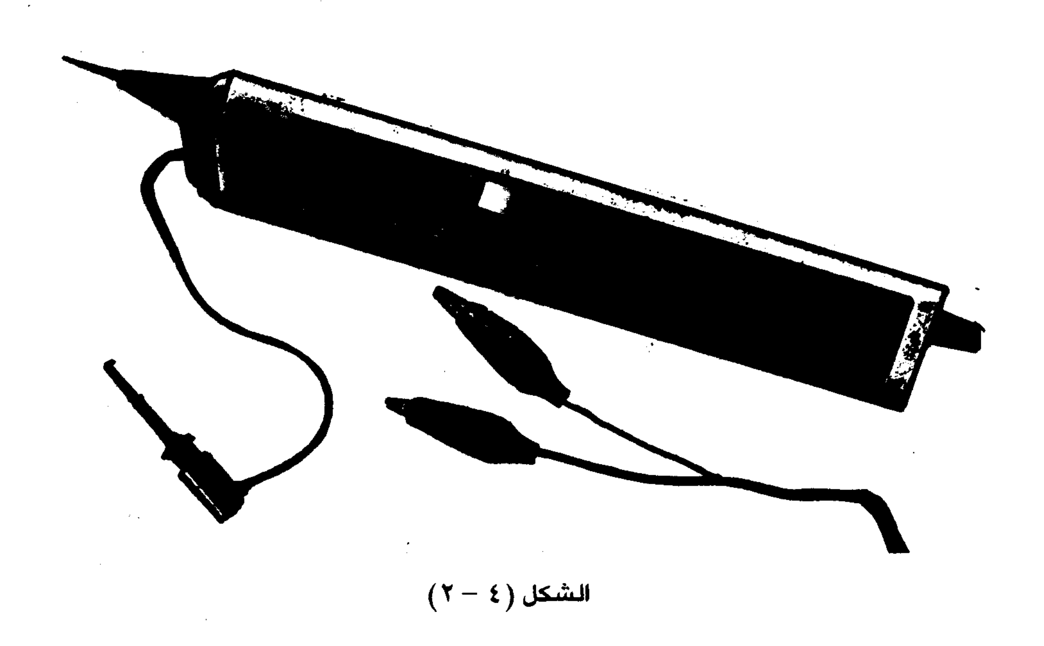
فعند توصيل طرف المجس المنطقى (الطرف المفصول للمقاومة R_1) مع نقطة لها حالة منطقية عالية (H)، فإن خرج البوابة N1 يكون منخفضًا (L) ويضيء الموحد الباعث للضوء D_3 بضوء أحمر للإشارة على أن المستوى المنطقى تحت الاختبار عال (H).

وعند توصيل طرف المجس المنطقى بنقطة جهدها أقل من $\frac{1}{3}$ جهد المصدر الكهربى فإن خرج البوابة N_1 يصبح عاليًا (H) ويصبح خرج N_2 منخفضًا (L)، ويضيء الموحد الباعث للضوء D_4 بضوء أخضر للإشارة بأن المستوى المنطقى تحت الاختبار منخفض (L) وعند توصيل طرف المجس بنقطة بها نبضات يضيء كل من D_3, D_4 بطريقة تتابعية.

وتعمل المقاومة R_1 والموحدات D_1, D_2 على حماية الدائرة من زيادة جهد الدخل. فى حين تعمل المقاومة R_2 على تحديد جهد الدائرة التى يتم اختبارها، وتعمل أيضًا على قطع الدخل عند فصل المجس المنطقى عن الدائرة المختبرة.

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام هذا المجس مع الدوائر المتكاملة من عائلة TTL حيث يعطى قيماً تقريبية وليست دقيقة. كما أنه يمكن تغذية المجس مباشرة من الدائرة المختبرة.

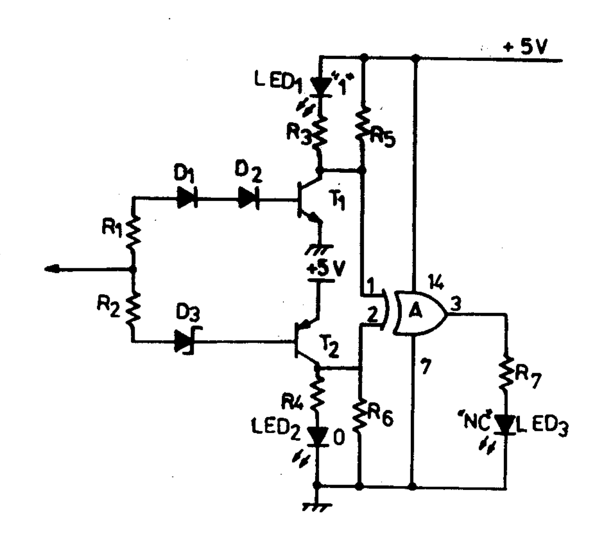
والشكل رقم (٤ – ٢) يعرض نموذجًا للمجس المنطقى الذى نحن بصدده.



الشكل (٤ – ٢)

الدائرة رقم (١١)

الشكل (٤ – ٣) يعرض دائرة مجس منطقى للدوائر المتكاملة عائلة TTL ويمكن بواسطته تحديد المستوى المنطقى العالى (H)، والمستوى المنطقى المنخفض (L) وحالة المستوى المنطقى الغير محدد.



الشكل (٤ – ٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 10K Ω	R_1, R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 330 Ω	R_3, R_4
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 10K Ω	R_5
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 1K Ω	R_6
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 82K Ω	R_7
موحد سليكونى طراز 1N 4148	D_1, D_2
موحد زينر 400 mw / 3.3 V	D_3
موحد باعث للضوء أحمر 10 mA	LED_1
موحد باعث للضوء أخضر 10 mA	LED_2
موحد باعث للضوء أصفر 10mA	LED_3

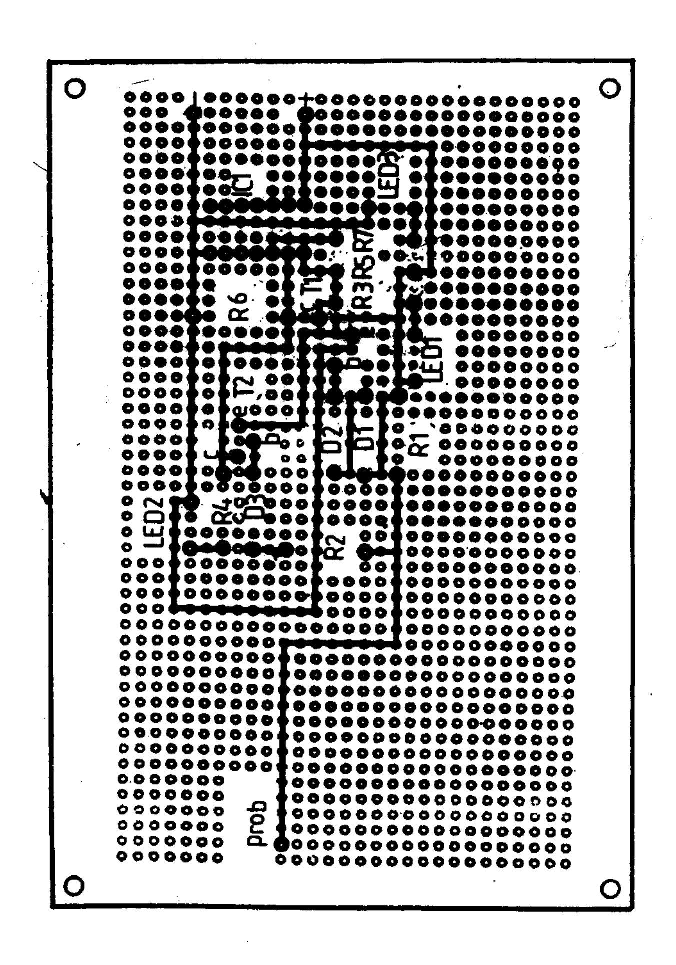
ترانزستور NPN طراز BC 107	T_1
ترانزستور PNP طراز BC 157	T_2
دائرة متكاملة تحتوى أربع بوابات XOR طراز 7486	IC_1

نظرية عمل الدائرة:

نعتبر الحالة المنطقية العالية (H) للدوائر المتكاملة TTL عند جهد أكبر من 2V فى حين أن الحالة المنطقية المنخفضة عند جهد أقل من 0.8V. أما الجهد المحصور ما بين 1: 2V فيعتبر حالة منطقية غير محددة فعند توصيل المجس مع نقطة لها حالة منطقية عالية يصبح T_1 فى حالة تشبع ويضىء الموحد الباعث للضوء LED1.

وعند توصيل المجس بنقطة حالتها المنطقية غير محددة، فإن كل من T_1,T_2 يكونان فى حالة قطع ويكون خرج بوابة XOR عالية ويضىء LED_3، كما أن الموحد الباعث للضوء LED_3 يعطى إضاءة أيضاً عند ترك طرف المجس بدون توصيل. وإذا وصل طرف المجس بنقطة حالتها المنطقية منخفضة يصبح T_2 فى حالة تشبع ويضىء الموحد الباعث للضوء LED_2.

والشكل (٤ – ٤) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة منفذاً على لوحة توصيلات مثقبة.



الشكل (٤ - ٤)

الدائرة رقم (١٢)

الشكل (٤ – ٥) يعرض دائرة مجس منطقى لفحص الدوائر المتكاملة عائلة TTL مزودة بجرس طنان .

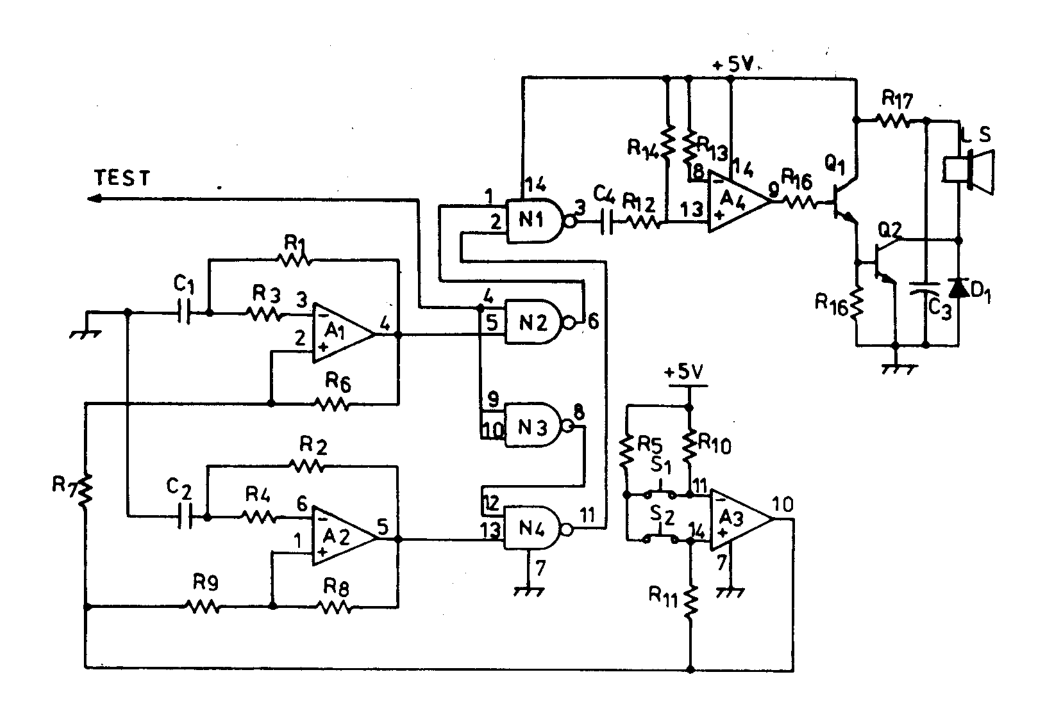
عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 33K Ω	R_1, R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 680K Ω	$R_3 : R_5$
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 1M Ω	$R_6 : R_{10}$
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 470K Ω	R_{11}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 10K Ω	R_{12}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 15K Ω	R_{13}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 27K Ω	R_{14}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 2.7K Ω	R_{15}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 100 Ω	R_{16}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33w / 12 Ω	R_{17}
موحد سليكونى طراز 1N 4002	D_1
مكثف سيراميكى سعته 15 nF	C_1
مكثف سيراميكى سعته 47 nF	C_2
مكثف كيميائى سعته 25V/10 µA	C_3
مكثف سيراميكى سعته 2.2 nF	C_4
ترانزستور NPN طراز BC 549	Q_1
ترانزستور NPN طراز BC 241	Q_2
دائرة متكاملة طراز N 74 LS00	$IC_1[N_1... N_4]$

دائرة متكاملة طراز LM 3900N	IC_2 [A_1... A_4]
ضاغط بريشة مفتوحة	S_1, S_2
سماعة 200mw / 8 Ω	L.S

نظرية عمل الدائرة:

هذه الدائرة تعمل كمجس منطقى لاختبار المستوى المنخفض Low أى الصفر المنطقى Logic (0) وكذلك المستوى العالى high أى الواحد المنطقى Logic (1).



الشكل (٤ - ٥)

حيث يصدر صوتا ذا تردد منخفض فى حالة المستوى المنخفض (L) ، وصوتا ذا تردد عال فى حالة المستوى العالى (H) . ويعمل مكبر العمليات A_1 والدائرة الموصلة معه كمذبذب عالى التردد، فى حين يعمل A_2 والدائرة الموصلة معه كمذبذب منخفض التردد، وخرج كل من A_1 , A_2 يوصل على دخل بوابة (نفى و) NAND .

١ - قياس المستوى المنخفض (L)

عند توصيل نقطة الاختبار Test بالدائرة المراد اختبارها وكان الدخل ذا مستوى منخفض (L) ، فإن البوابة N_2 لا تمرر التردد العالى لخرج المذبذب A_1 ، بينما تقوم البوابة N_3 بعكس هذا الدخل ليصبح عاليًا (H) وعندما يصل ذلك إلى البوابة N_4 فإن البوابة N_4 تمرر التردد المنخفض لخرج المذبذب A_2 .

٢ - قياس المستوى العالى (H)

فى حالة توصيل نقطة الاختبار (Test) بالدائرة المراد اختبارها وكان الدخل ذا مستوى عال (H) فإن التردد العالى للمكبر A_1 يمر عن طريق N_2 ؛ بينما لا يمر التردد المنخفض للمكبر A_2 من البوابة N_4 .

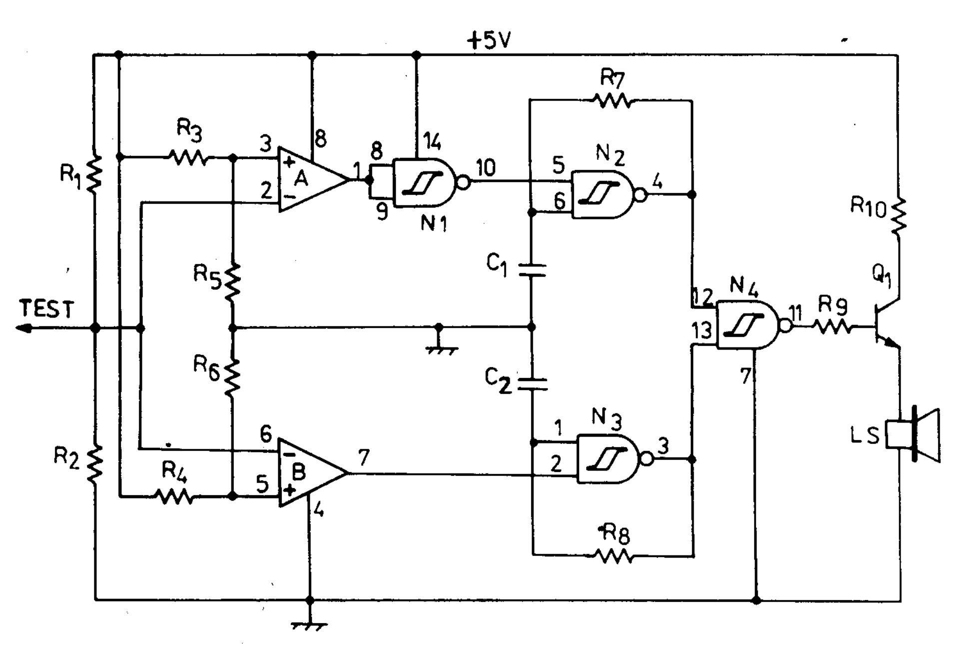
وعلى كل حال فإن خرج البوابة N_1 سواء كان ترددًا عاليًا أم منخفضًا فإنه يغذى إلى دائرة مفاضل، والممثلة فى دائرة المكبر A_4 ويكون خرج المفاضل عبارة عن نبضات متتالية يتوقف ترددها على دخل المفاضل. ويوصل هذا الخرج إلى مكبر يتألف من الترانزستورين Q_1 , Q_2 ، فعندما يكون خرج المفاضل فى المستوى العالى؛ فإن الترانزستور Q_1 يتحول إلى حالة التوصيل ON وخرج Q_1 يحول Q_2 إلى حالة التوصيل، ومن ثم يمر تيار خلال السماعة L-s إلى أرضى الدائرة عبر Q_2 فيصدر من السماعة نغمة عالية التردد فى حالة قياس المستوى العالى (H) ويصدر نغمة منخفضة التردد فى حالة قياس المستوى المنخفض (L) .

ويلاحظ أن دائرة القلاب RS (F.F) والمكونة حول المكبر A_3 يمكن بواسطتها تشغيل أو إيقاف المذبذبين A_1 , A_2 وذلك بالتحكم فى تلك الدائرة بواسطة S_1 , S_2 وعليه يمكن التخلص من النغمات غير المعروفة، والتى قد تصدر من السماعة عند

عدم استخدام المجس فى القياس .

الدائرة رقم (١٣)

الشكل (٤ – ٦) يعرض دائرة مجس منطقى يستخدم لفحص الدوائر المتكاملة من عائلة CMOS .



الشكل (٤ – ٦)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 0.25W / 100KΩ	R1 , R2
مقاومة كربونية 0.25W / 22 KΩ	R3 , R4
مقاومة كربونية 0.25W / 82KΩ	R5 , R6
مقاومة كربونية 0.25W / 33 KΩ	R7
مقاومة كربونية 0.25W / 330KΩ	R8

مقاومة كربونية 0.25W / 2.2 KΩ	R_9
مقاومة كربونية 0.25W / 150Ω	R_{10}
مكثف سيراميكى سعته 100nF	C_1 , C_2
ترانزستور NPN طراز BC 108	Q_1
دائرة متكاملة تحتوى اثنين OP - Amp طراز 4558	IC_1
دائرة متكاملة من عائلة CMOS طراز 4093	IC_2
سماعة 8Ω وقدرتها 200mW	L.s

نظرية عمل الدائرة :

الدائرة الموضحة فى شكل (٤ – ٦) تفرق بين الحالات المنطقية الثلاث للدائرة المتكاملة من عائلة CMOS بالطريقة الموضحة .

١ – مستوى الصفر المنطقى (L) تعطى نغمة مسموعة ذات تردد منخفض .

٢ – مستوى الواحد المنطقى (H) تعطى نغمة مسموعة ذات تردد عال .

٣ – المستوى المنطقى غير المحدود (وهو المستوى ما بين (L) ، (H) ولا تعطى خرجاً مسموعاً، وكما هو موضح بالشكل فإن الدائرة تتكون من عدد اثنين مقارن A_1, A_2 ، حيث يقارنان جهد النقطة التى تحت الاختبار (المراد تحديدها) مع جهد تغذية الدائرة التى تحت الاختبار، كما يوجد بها مذبذبان أحدهما يولد تردداً منخفضاً ويتكون من C_2 R_8 N_3 والآخر يولد تردداً عاليًا ويتكون من C_1 R_7 N_2 . وكذلك بالدائرة مرحلة عزل (Buffer Stage) ما بين خرج المذبذب والسماعة .

أولا : قياس المستوى العالى (H) Logic 1

إذا وصلت نقطة Test بجهد مرتفع (H) وكان ذلك الجهد أعلى من 80% من جهد تغذية الدائرة التى تحت الاختبار؛ يكون في هذه الحالة خرج المقارن A1 منخفضاً (L) هذا الخرج يمر عن طريق N_1 إلى دخل المذبذب العالى التردد الذى يبدأ فى العمل مولداً نبضات يصل ترددها إلى حوالى (2KHZ) .

ثانيًا : قياس المستوى المنخفض Logic 0 (L)

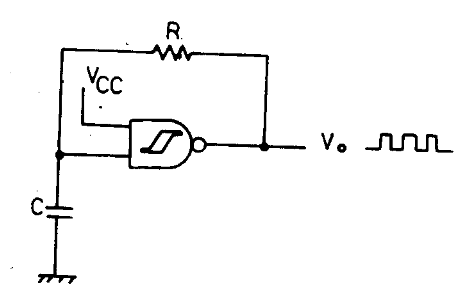
إذا وصلت نقطة Test بنقطة ذات جهد منخفض (L) أقل من 21% من جهد التغذية للدائرة تحت الاختبار يكون خرج المقارن A2 فى هذه الحالة مرتفعا (H)، فيبدأ المذبذب الذى يولد التردد المنخفض فى العمل مولداً نبضات ذات تردد حوالى (200 HZ) .

يمر الخرج فى الحالتين السابقتين إلى مرحلة العزل ومنها إلى السماعة L.S التى تتأثر بذلك التردد محدثة صوتًا موازيًا له .

ثالثًا : قياس المستوى غير المحدود

إذا وصلت نقطة (Test) بنقطة جهدها ما بين (80% : 21%) من جهد التغذية للدائرة التى تحت الاختبار يكون خرج كل من المقارنين A2 , A1 غير كاف ليتأثر به كل من المذبذبين، وعلى ذلك لا تكون هناك أى نبضات مؤثرة تصل إلى السماعة فلا يصدر أى صوت منها .

والشكل (٤-٧) يعرض دائرة مذبذب شميث والذى يتكون من مقاومة ومكثف وبوابة NAND



الشكل (٤ – ٧)

وتردد المذبذب يحسب من العلاقة

$$F = \frac{0.9}{RC} \text{ HZ}$$

فإذا كانت المقاومة R = 33 KΩ

وسعة المكثف C = 100 nF فإن تردد المذبذب يساوى :

$$F = \frac{0.9}{33 \times 10^{3} \times 100 \times 10^{-9}}$$

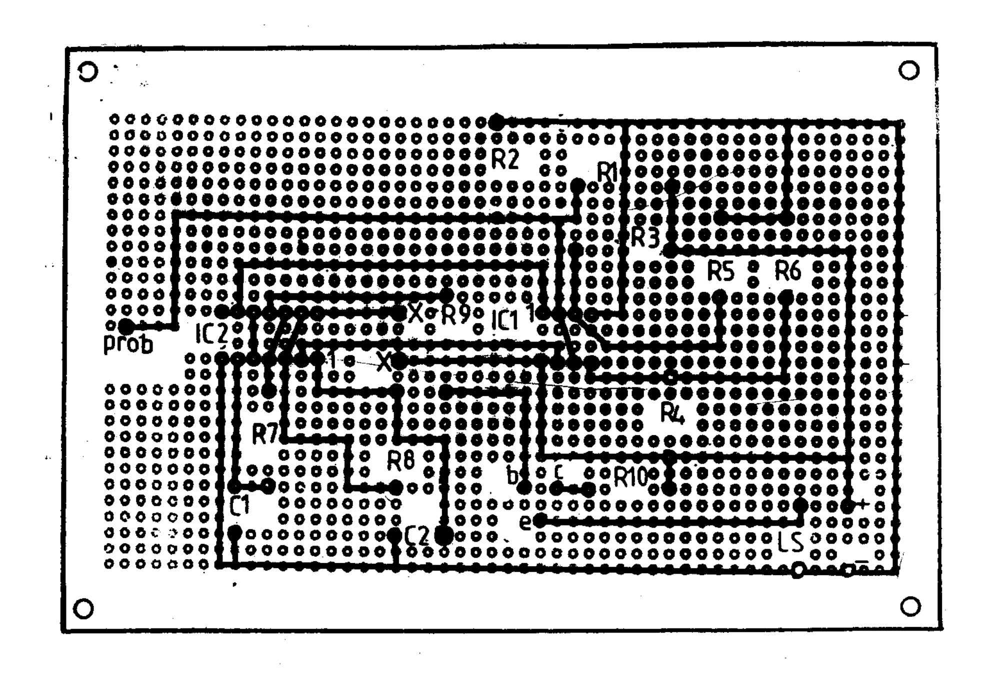
$$= 273 \text{ HZ}$$

أما إذا زادت المقاومة R فأصبحت 330 KΩ بينما ظلت سعة المكثف C ثابتة فإن تردد المذبذب في هذه الحالة

$$F = \frac{0.9}{33 \times 10^{3} \times 100 \times 10^{-9}}$$

$$= 27.3 \text{ HZ}$$

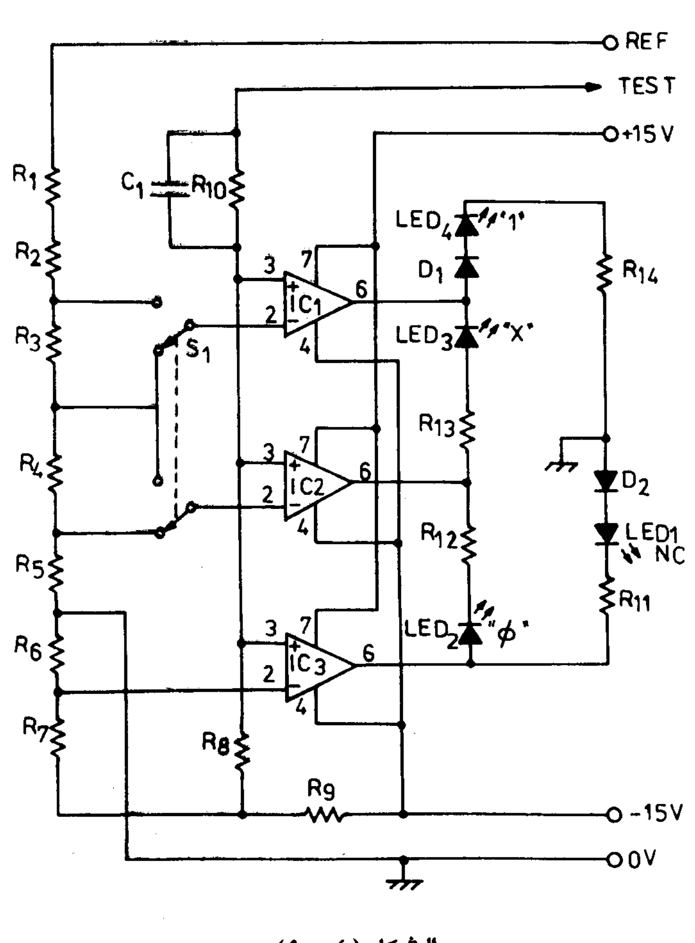
والشكل رقم (٤ – ٨) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة ويمكن تنفيذها على لوحة توصيلات مثقبة.



الشكل (٤ – ٨)

الدائرة رقم (١٤)

الشكل رقم (٤ – ٩) يعرض دائرة مجس منطقى يستخدم لفحص الدوائر المتكاملة عائلة T T L وعائلة CMOS



الشكل (٤ - ٩)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W / 1KΩ	R1, R2, R3, R11, R14
مقاومة كربونية 0.33 W / 1.2 KΩ	R4
مقاومة كربونية 0.33 W / 820 Ω	R5
مقاومة كربونية 0.33 W / 330Ω	R6, R7
مقاومة كربونية 0.33W / 470 Ω	R8

مقاومة كربونية 0.33 W / 100 KΩ	R_9
مقاومة كربونية 0.33W / 4.7 KΩ	R_{10}
مقاومة كربونية 0.33W / 2.2KΩ	R_{12} , R_{13}
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1 , D_2
موحد باعث للضوء	LED_1 , LED_2
مكبر عمليات OP - Amp طراز LM 310A	IC_1 : IC_3
مفتاح قطبين بسكتين	S_1

نظرية عمل الدائرة:

هذه الدائرة يمكن استخدامها لاختبار كل من الدوائر المتكاملة من عائلة TTL، وكذلك من عائلة CMOS ، كما يمكن بواسطتها اختبار أى دائرة متكاملة لها نفس الخواص المنطقية كأى من العائلتين السابقتين.

فبهذه الدائرة يمكن تحديد المستوى المنخفض (L) ، والمستوى العالى (H) ، وكذلك المستوى غير المحدد والمحصور ما بين المستويين L , H . وكذلك النقط المفتوحة والنقط التى لا تستخدم (N . C) .

وعلى ذلك يجب أن نعرف أن الجهاز الذى نحن بصدده يتعرف على المستويات المختلفة، لعائلة TTL على أساس أن المستوى المنخفض LOW يعنى قيمة الجهد الذى يكون أقل من (0.8V) ، أما المستوى العالى High يعنى قيمة الجهد الأعلى من (2V)، أما الجهد الواقع ما بين (0.8V : 2V) فهى القيمة التى يطلق عليها القيمة الغير محددة.

أما فى حالة الدوائر المتكاملة من عائلة CMOS فإن المستوى العالى (H) هو قيمة الجهد الذى يزيد عن 70% من جهد تغذية الدائرة التى تحت الاختبار. والمستوى المنخفض (L) هو الجهد الذى يقل عن 30% من جهد تغذية الدائرة التى تحت الاختبار، أما المستوى غير المحدد فهو الذي يقع ما بين المستويين (H , L) .

كما يلاحظ في الدائرة أن الدوائر المتكاملة المستخدمة IC_3 ..... IC_1 تعمل

كمقارنات حيث تقوم بمقارنة جهد الطرف (3) غير العاكس مع الجهد الواقع على الطرف العاكس (2) فإذا كان جهد الطرف (2) أعلى من الجهد على الطرف (3)؛ فإن خرج المقارن يساوى (-12V)، ويكون خرج المقارن (12V) إذا كان جهد (3) أعلى من الجهد على الطرف (2) .

أولا : اختبار دائرة متكاملة من عائلة (TTL)

يوصل الطرف (ref +) بجهد التغذية (+5V) ونقطة (0V) بأرضى منبع التغذية، وعلى ذلك يكون الجهد الواقع على الطرف العاكس للمقارن IC_2 يساوى تقريبًا 0.8V ، أما الطرف العاكس للمقارن IC3 فيكون جهده 50mv – .

١ – عند توصيل نقطة الاختبار Test بأحد النقاط التى لا تستخدم NC أو بنقطة مفتوحة open يكون الجهد على الطرف غير العاكس لكل من IC_3 ... IC_1 حوالي 100 mv– ويكون خرج IC_3 سالبًا فيضيء LED_1 .

٢ – عند توصيل نقطة الاختبار Test بنقطة جهدها في المستوى المنخفض LOW يكون خرج IC_3 موجباً؛ بينما يكون خرج IC_2 سالبًا، ويمر تيار من IC_3 إلى IC_2 خلال LED_2 فيضيء مبينًا المستوى المنخفض (الصفر المنطقىLogic0) .

٣ – في حالة توصيل نقطة الاختبار Test بنقطة جهدها يقع ما بين المستويين H , L يكون خرج IC_2 موجبًا، بينما يكون خرج IC_1 سالبًا فيضيء LED_3 مبينًا المستوى غير المحدد.

٤ – إذا وصلت نقطة الاختبار Test بنقطة جهدها في المستوى العالى H يتحول خرج IC_1 إلى موجب ويمر تيار خلال LED_4 فيعطى إضاءة تبين المستوى العالى.

ثانيًا : اختبار دائرة متكاملة من عائلة CMOS

في حالة اختيار دائرة متكاملة من عائلة CMOS يوصل الطرف ref+ بجهد لا يقل عن 70% من جهد التغذية للدائرة التى تحت الاختبار، أما نقطة 0V فإنها توصل بجهد لا يزيد عن 30% من قيمة جهد التغذية.

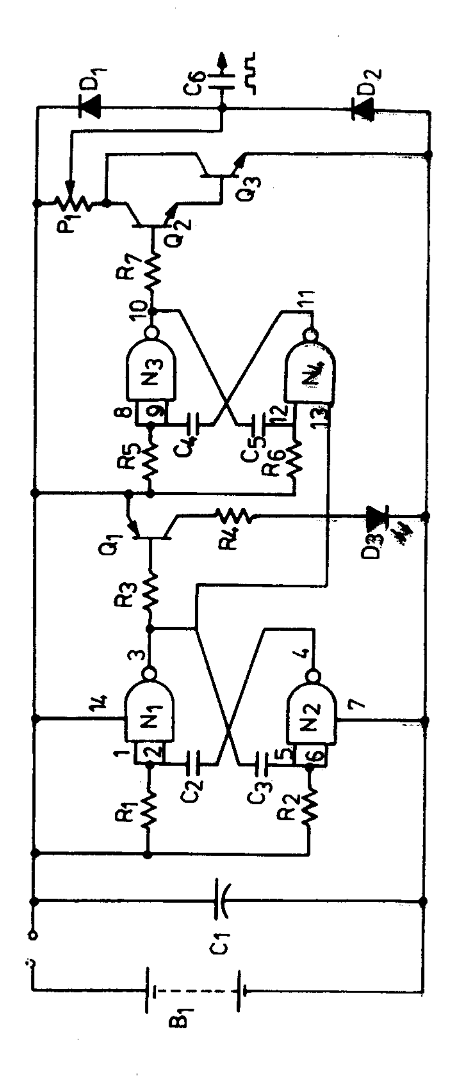
ثم يعدل وضع المفتاح S_1 إلى وضع (CMOS) .

أما طريقة اختبار الدائرة المتكاملة من عائلة TTL فتنطبق تماماً على طريقة اختبار الدائرة المتكاملة عائلة CMOS والتي ذكرت في النقاط من ١ إلى ٤ .

٤ / ٢ - أجهزة حقن النبضات

الدائرة رقم (١٥)

الشكل (٤ - ١٠) يعرض دائرة جهاز حقن نبضات يولد موجة مربعة ترددها 1KHZ .



الشكل (٤ - ١٠)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية قيمتها 0.25W / 10 MΩ	R_1 , R_2, R_5, R_6
مقاومة كربونية قيمتها 0.25 W / 100 KΩ	R_3
مقاومة كربونية قيمتها 0.25 W / 470 Ω	R_4
مقاومة كربونية قيمتها 0.25 W/27KΩ	R_7
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها 1W / 1 KΩ	P_1
مكثف كيميائى سعته 6V/100µF	C_1
مكثف سيراميكى سعته 470 nf	C_2 , C_3
مكثف سيراميكى سعته 100pF	C_4 , C_5
مكثف سيراميكى سعته 100nF	C_6
موحد سليكونى طراز 1N 4148	D_1 , D_2
موحد باعث للضوء	D_3
ترانزستور PNP طراز BC 308	Q_1
ترانزستور NPN طراز BC 238	Q_2, Q_3
دائرة متكاملة CMOS طراز CD 4011	IC_1 (N_1 .... N_4)
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
بطارية مكونة من أربع خلايا كل منها 1.4V من النوع الزئبقى	B

نظرية عمل الدائرة:

حاقن الإشارة المبين في شكل (٤ – ١٠) يتكون من عدد اثنين مذبذب عديم الاستقرار، الأول يتكون من البوابتين N_1 , N_2 والمقاومتين R_1 , R_2 والمكثفين C_2 , C_3 وخرج المذبذب موجة مربعة ترددها يأتى من العلاقة.

$$F = 1/RC \ \ HZ$$

حيث إن :

$R = 10\ M\Omega$

$C = 470\ nF$

$F = 1/(10 \times 10^{6} \times 470 \times 10^{-9}) = 0.2\ HZ$

ويكون الزمن الدورى لإشارة خرج المذبذب.

$T = 1/F = 1/0.2 = 5 Sec$

وعليه يكون خرج المذبذب فى المستوى العالى (H) خلال 2.5 ثانية وفي المستوى المنخفض (L) خلال 2.5 ثانية؛ ذلك لأن خرج المذبذب. عبارة عن موجة مربعة متماثلة.

المذبذب الثانى ويتكون من البوابتين N3 , N4 والمكثفين C4 , C5 والمقاومتين R5 , R6 ، وهذا المذبذب لا مستقر وتردده يأتى من العلاقة

$F = 1/RC$

حيث إن :

$R = 10\ M\Omega$

$C = 100\ PF$

$F = 1/(10 \times 10^{6} \times 100 \times 10^{-12}) = 1\ KHZ$

وعليه فإن خرج المذبذب عبارة عن موجة مربعة ترددها 1 KHZ .

من الدائرة شكل (٤ - ١٠) نجد أن خرج المذبذب الأول يوصل في وقت واحد إلى قاعدة الترانزستور Q1 ، ودخل المذبذب الثانى (الطرف 13 للبوابة N4) فعندما يكون خرج المذبذب عاليًا (H) يتحول الترانزستور Q1 إلى حالة التوصيل ON ، فيمرر تيار خلال D3 الذى يعطى إضاءة. وفى نفس الوقت هذا الخرج يجعل المذبذب الثانى يبدأ في العمل فتكون إضاءة D3 دلالة على بدء تذبذب المذبذب الثانى وإعطاء خرج تردده 1KHZ .

أما عندما يكون خرج المذبذب الأول منخفضًا (L) فإن Q1 يكون في حالة القطع ولا يمر تيار خلال D3 فيعتم وخرج المذبذب الأول في هذه الحالة يؤدى إلى إيقاف تذبذب المذبذب الثانى.

وعلى ذلك يمكن أن نقول أن خرج المذبذب الأول يقود المذبذب الثانى ويعتبر كمفتاح ON / Off للمذبذب الثانى .

عندما يعطى المذبذب الثانى خرجًا (1KHZ) يمر هذا الخرج إلى الترانزستورين Q_2 , Q_3 اللذان يعملان كمكبر عزل حيث يؤخذ خرج المذبذب عن طريق مجمع الترانزستور Q_3 . أما المقاومة المتغيرة P_1 بواسطتها يمكن ضبط مستوى خرج المذبذب ليكون القيمة العظمى لجهد الخرج يساوى تقريبًا جهد البطارية (5.6V) . والموحدان D_1 , D_2 ، يستخدمان لحماية مرحلة خرج المذبذب (Q_2 , Q_3) من أى موجات خارجية عابرة، والمكثف C_6 يعزل الدائرة عن أى جهود مستمرة DC Voltage تكون بالدائرة التى يتم اختبارها بمساعدة الجهاز .

الدائرة رقم (١٦)

الشكل رقم (٤ – ١١) يعرض دائرة جهاز حاقن نبضات يولد موجة مربعة، ترددها 100 KHZ

عناصر الدائرة :

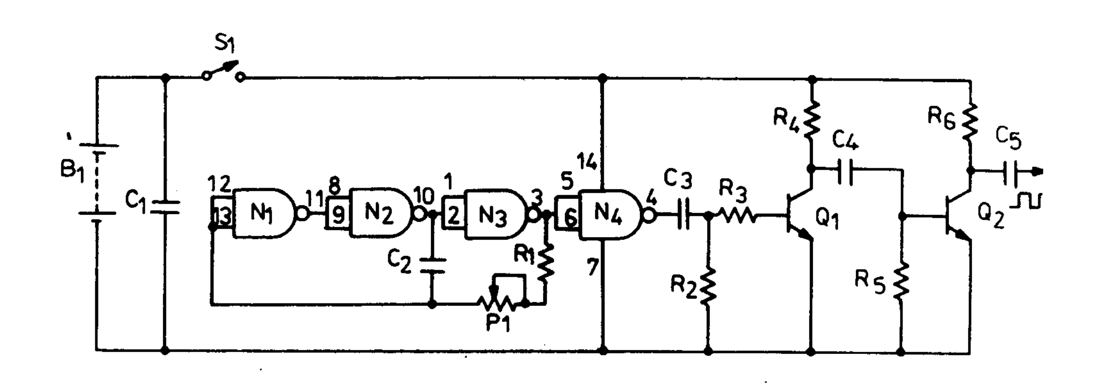
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W / 47 KΩ	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W / 27 KΩ	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W / 100 KΩ	R_3
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W / 470 Ω	R_4
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W / 15 KΩ	R_5
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W / 47 Ω	R_6
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها 1W/50KΩ	P_1
مكثف سيراميكى سعة 1 nF	C_1
مكثف سيراميكى سعة 100 PF	C_2 , C_4 , C_5
مكثف سيراميكى سعة 10 PF	C_3
ترانزستور NPN طراز BC 238	Q_1 , Q_2

دائرة متكاملة من عائلة CMOS تحتـوى على — Ic_1 (N_1 ... N_4)

أربع بوابات (نفى و) NAND طراز CD 4011

مفتاح قطب واحد سكة واحدة — S_1

بطارية 12V يفضل أن تكون من الأنواع التى يعاد شحنها — B_1



الشكل (٤ - ١١)

نظرية عمل الدائرة :

حاقن الإشارة المبين في شكل (٤ – ١١) يولد موجة مربعة تردد أساسى 10KHZ وتوافقيات مصاحبة في مدى يزيد عن 200MHZ .

ويستخدم التردد الأساسى للجهاز في اختبار الدوائر التى تعمل في خلال الترددات الصوتية بينما تكون التوافقيات مفيدة في اختبار الدوائر التى تعمل في خلال مدى ترددات الراديو (Radio frequency range) .

في الدائرة المبينة في الشكل (٤ – ١١) البوابات الثلاث (N_3 .... N_1) من الدائرة المتكاملة IC_1 تعمل كمذبذب عديم الاستقرار خرجه موجة مربعة متماثلة ترددها حوالى 100KHZ ، بينما البوابة N_4 في نفس الدائرة المتكاملة IC_1 تعمل كمرحلة عزل حيث تعزل خرج المذبذب عن المرحلة التالية .

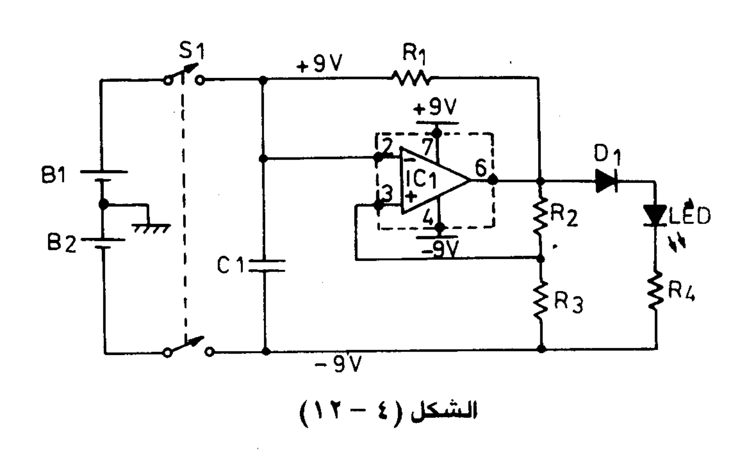
خرج المذبذب يمر إلى دائرة تفاضلية (R_2 , C_2) تقوم بخمد التوافقيات المصاحبة لموجة خرج المذبذب قبل أن تصل إلى مرحلتى التكبير التاليتين.

مرحلة التكبير الأولى، وهي مكونة من الترانزستور Q_1 والمقاومات R_3 , R_4، يقوم المكبر بتكبير إشارة الخرج التى تمر عن طريق مكثف الربط C_3 إلى مرحلة التكبير الثانية والمكونة من Q_2 , R_5 , R_6 حيث يؤخذ الخرج بعد التكبير على مجمع Q_2 . المكثف C_4 يمنع مرور أى جهود مستمرة من الدائرة . المراد اختبارها إلى دائرة الجهاز .

٤ / ٣ دوائر اختبار مكبرات العمليات

الدائرة رقم (١٧)

الشكل (٤ – ١٢) يعرض دائرة لجهاز اختبار مكبر العمليات .



الشكل (٤ - ١٢)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 0.33 W / 220 KΩ	R_1 , R_3
مقاومة كربونية 0.33 W / 680 KΩ	R_2
مقاومة كربونية 0.33 W / 470 KΩ	R_4
مكثف كيميائى سعته 12V / 2.2 µ F	C_1
موحد سليكونى طراز 1N914 أو 1N4001	D_1
قاعدة بثمانية مداخل على صفين (لتثبيت المكبر المراد اختباره)	IC_1
موحد باعث للضوء 5mA	LED
بطارية 9V	B_1 , B_2
مفتاح قطبين سكة واحدة	S_1

نظرية عمل الدائرة :

يثبت مكبر العمليات المطلوب اختباره على قاعدته IC_1 حيث يعمل المكبر وكل من R_1 , C_1 كمولد نبضات مربعة ترددها يحسب من العلاقة :

$$F = 1/(2 R_1 C_1) = 1 \text{ HZ}$$

وبالتالى يضيء الموحد الباعث للضوء LED بضوء متقطع إذا كان مكبر العمليات تحت الاختبار حالته جيدة. كما أنه يمكن بواسطة جهاز قياس الجهد (الڤولتميتر) قياس الجهد المشكل على D_1 , LED فإذا كان الجهد يساوى $V_{pp} = 6V$ فإن قراءة جهاز الڤولتميتر العادى تساوى 3V .

والجدير بالذكر أنه يمكن جعل هذه الدائرة تصلح لاختبار جميع مكبرات العمليات التى تكون على شكل شريحة مزدوجة الأرجل ذات أربعة عشر طرفًا، وكذلك ذات الثمانية أطراف أو ذات الغلاف المعدنى TOS، ولذلك يمكن تركيب ثلاث قواعد على التوازى حتى تكون الدائرة جاهزة لاختبار جميع مكبرات العمليات.

والدائرة يمكن بواسطتها اختبار مكبرات العمليات التالية على سبيل المثال:

١ – من عائلة 741

8007 - MC 1556 - CA 3100S - SSD 741.

٢ – من عائلة 709

MC 2741 - μ A 748 - LM 101 - SSD 709.

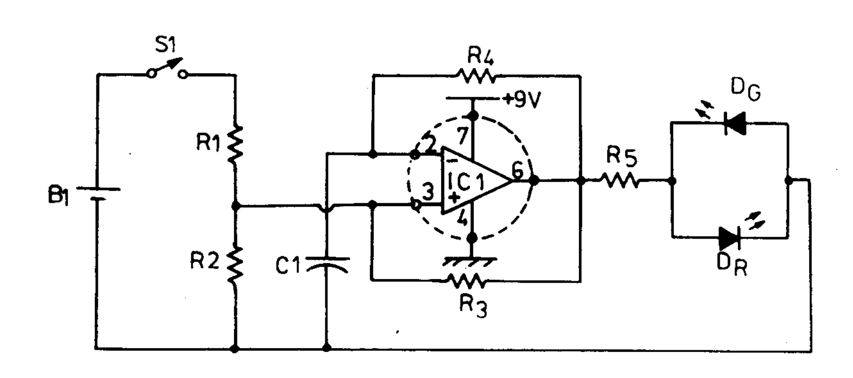
الدائرة رقم (١٨)

الشكل (٤ – ١٣) يعرض دائرة لاختبار مكبر العمليات

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33 W/ 100 KΩ	R_1, R_2, R_3
مقاومة كربونية 0.33 W/ 220 KΩ	R_4
مقاومة كربونية 0.33 W/ 1.5 KΩ	R_5
مكثف كيميائى سعة 16 V/ 1μ F	C_1
موحد باعث للضوء أخضر اللون 5 mA	D_G
موحد باعث للضوء أحمر اللون 5 mA	D_R

مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S1
بطارية 9 V	B
قاعدة مكبر عمليات 8 أطراف	



شكل (٤ - ١٣)

نظرية عمل الدائرة:

يثبت مكبر العمليات المراد اختباره على القاعدة الخاصة به فى الدائرة، حيث يعمل كل من المكبر والمقاومة R4 والمكثف C1 كمولد نبضات مربعة ترددها يساوى.

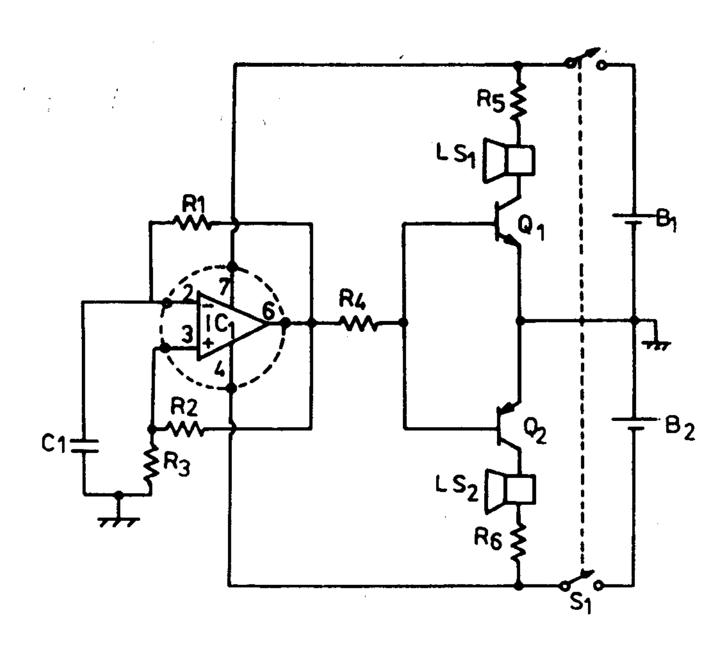
$$F = 1/(2 R_4 C_1) = 2.5 \text{ HZ}$$

وبالتالى يضىء كل من الموحد الباعث للضوء الأخضر RG ثم الموحد الباعث للضوء الأحمر DR بطريقة تبادلية.

وإذا لم يضئ الموحدان بطريقة تبادلية فإن هذا يعنى أن المكبر تحت الاختبار تالف.

الدائرة رقم (١٩)

الشكل (٤ - ١٤) يعرض دائرة لفحص مكبر العمليات.



شكل (٤ - ١٤)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.5 W/ 820 KΩ	R_1
مقاومة كربونية 0.33 W/ 100 KΩ	R_2
مقاومة كربونية 0.5 W/ 120 KΩ	R_3
مقاومة كربونية 0.5 W/ 1 KΩ	R_4
مقاومة كربونية 0.5 W/ 220 Ω	R_5, R_6
مكثف سيراميكى سعته 1 nF	C_1
ترانزستور NPN طراز BC 108	Q_1
ترانزستورPNP طراز BC 177	Q_2
مكبر العمليات المراد اختباره طراز 741	IC_1

مفتاح قطبين سكة واحدة	S_1
سماعة 200 mw/ 8 Ω	LS_1, LS_2
بطاريتان جافتان 9 V	B_1, B_2

نظرية عمل الدائرة:

يوصل مكبر العمليات المراد اختباره فى الدائرة كما هو مبين بالشكل ويغلق المفتاح S_1، وبتوصيل جهد البطارية إلى الدائرة يعمل مكبر العمليات IC_1 المراد اختباره كمذبذب لا مستقر، ويكون الخرج الناتج عبارة عن نبضات مربعة بتردد حوالى 600HZ.

حيث إن:

$$F = 1/2\, R_1C_1$$

$$= 1/(2 \times 820 \times 10^3 \times 10^{-9})\ HZ$$

وعندما يكون خرج المكبر (H)؛ يكون الترانزستور Q_1 فى حالة التوصيل فيمر تيار خلال LS_1 فيصدر منها صوت مسموع، وعندما يكون خرج المكبر منخفضاً (L) يكون الترانزستور Q_2 فى حالة التوصيل، ويمر تيار خلال LS_2 فيصدر منها صوت مسموع.

وعلى ذلك تكون النغمة المسموعة بالتوالى من LS_1 ثم LS_2؛ دليلاً على أن المكبر تحت الاختبار سليم وصالح للاستخدام.

أما إذا حدث:

أ – استمرارية الصوت من أحد السماعتين.

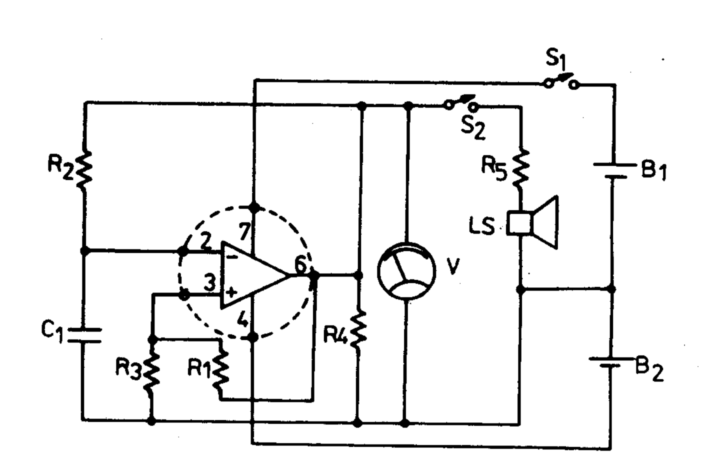
ب – أو عدم وجود صوت فى إحداهما.

جـ – أو انقطاع الصوت تماماً من السماعتين.

فإن ذلك يدل على أن المكبر تحت الاختبار تالف وغير صالح للاستخدام.

الدائرة رقم (٢٠)

الشكل رقم (٤ – ١٥) يعرض دائرة لفحص مكبر العمليات طراز (741) أو طراز (LM101).



الشكل (٤ – ١٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.5W/680KΩ	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 0.5W/270KΩ	R_2 , R_3
مقاومة كربونية قيمتها 0.5W/2KΩ	R_4
مقاومة كربونية قيمتها 0.5W/330Ω	R_5
مكثف سيراميكى سعته 5nF	C_1
مكبر العمليات المراد اختباره طراز 741 أو LM101	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1 , S_2
سماعة 200mw/8Ω	$L.S_1$
جهاز قياس الجهد (فولتميتر)	V

بطارية جافة 9V		B_1 , B_2

نظرية عمل الدائرة:

يوصل مكبر العمليات المراد اختباره كما هو بالشكل.

عندما يوصل مصدر التغذية بالدائرة بواسطة غلق المفتاح S_1 يكون المكثف C_1 فى حالة تفريغ، وعليه لا يوجد جهد مطبق على الطرف العاكس للمكبر (2)؛ بينما يطبق جهداً موجبًا على الطرف غير العاكس للمكبر (3) ويكون خرج مكبر العمليات موجباً، وقيمة ذلك الخرج تكون فى حدود 12V .

هذا الخرج يشحن المكثف C_1 عبر المقاومة R_2-، وعندما تكون الشحنة على المكثف C_2 أكبر من الجهد المطبق على الطرف العاكس يتحول خرج مكبر العمليات من الموجب إلى السالب ويكون الخرج فى هذه الحالة حوالى 6V .

فعندما يكون خرج المكبر سالباً يبدأ المكثف فى تفريغ شحنته على المقاومة R_3 فيزداد الجهد على الطرف غير العاكس (3) ويرتفع الخرج مرة أخرى وهكذا.

مما سبق يتضح أن مكبر العمليات المراد اختباره والموصل فى الدائرة يعمل كمذبذب متعدد الاهتزازات خرجه عندما يكون موجباً (H) يكون فى حدود 66% تقريباً من قيمة جهد التغذية ($2/3\ V_B$) وعندما يكون الخرج سالباً (L) يكون فى حدود 33% تقريباً من جهد البطارية ($1/3\ V_B$)، أى أن قيمة جهد الخرج للمذبذب تكون على التوالى (6V , 12V).

حيث إن: V_B هو جهد البطارية ويساوى 18V التى تغذى الدائرة.

كما أن تردد المذبذب يأتى من العلاقة:

$$F = 1/2R_2C_1\ HZ$$

فعندما تكون سعة المكثف مقاسة بالفاراد والمقاومة بالأوم يكون التردد فى حدود 370HZ.

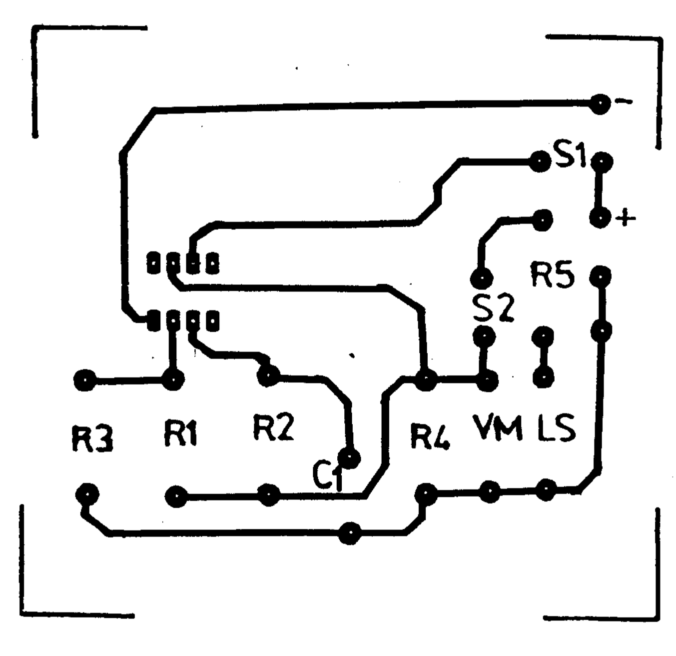
ولاختبار مكبر العمليات يوصل فى الدائرة كما هو موضح بالشكل، ويوصل مصدر التغذية عن طريق غلق المفتاح S_1 وتوصل السماعة LS_1 بالدائرة عن طريق

غلق المفتاح S2 .

ونلاحظ أن جهاز القياس (Vmeter) والموصل على التوازى مع المقاومة R4 التى تمثل مقاومة الحمل فى خرج مكبر العمليات يعطى قراءتين الأولى (12V) عندما يكون خرج المكبر عالياً (H)، والأخرى (6V) عندما يكون خرج المكبر منخفضاً (L) .

كما أنه يسمع من السماعة إلى نغمة مزدوجة .

فلو حقق مكبر العمليات ما تقدم يكون فى حالة جيدة وصالح للاستخدام، والشكل (٤ - ١٦) يوضح مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة والتى يمكن تنفيذها على لوحة نحاسية .

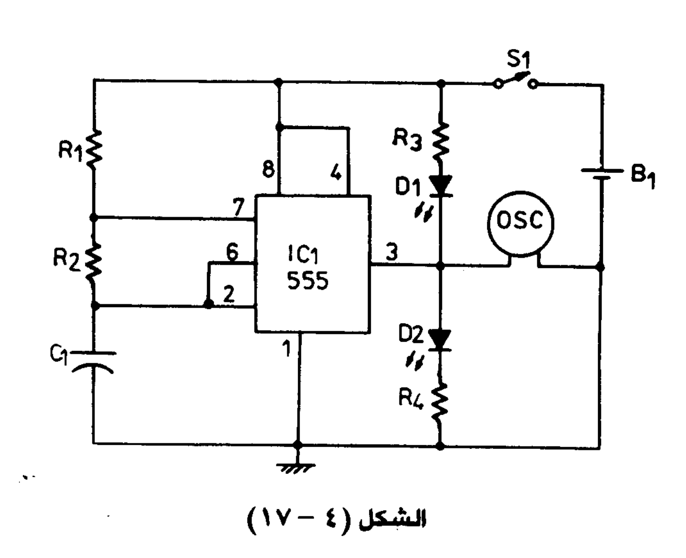


الشكل (٤ - ١٦)

٤ / ٤ - دوائر فحص المؤقت الزمنى 555

الدائرة رقم (٢١)

الشكل رقم (٤ - ١٧) يعرض دائرة جهاز اختبار المؤقت الزمنى 555.



الشكل (٤ – ١٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/1KΩ — R_1

مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/150KΩ — R_2

مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/390Ω — R_3 , R_4

مكثف كيميائى سعته 15V/10µF — C_1

عدد اثنين موحد باعث للضوء 10mA — D_1 , D_2

دائرة متكاملة طراز 555 المراد اختبارها — IC_1

مفتاح قطب واحد سكة واحدة — S_1

بطارية 9V — B_1

جهاز راسم ذبذبات — osc

نظرية عمل الدائرة:

يوصل المؤقت الزمنى 555 المراد اختباره فى الدائرة كمذبذب عديم الاستقرار، فيغلق المفتاح S_1 يوصل جهد البطارية B_1 إلى الدائرة، ويبدأ المكثف C_1 فى الشحن

عن طريق R_2 , R_1، وعندما تصل الشحنة على المكثف C_1 إلى مستوى نقطة القدح للمؤقت (555) تبدأ الدائرة الداخلية للمؤقت فى العمل، ويكون الجهد على النقطة 7 منخفضاً (L) فى بدء التشغيل، وبتمام شحن المكثف C_1 إلى مستوى جهد المؤقت (555) يفرغ المكثف C_1 شحنته فيرتفع جهد النقطة 7 وتبدأ دورة الشحن للمكثف C_1 مرة أخرى، وباستمرار شحن وتفريغ المكثف C_1 يؤدى ذلك إلى تغيير خرج المؤقت (555) من (L) إلى (H) وهكذا.

وبتوصيل طرف الخرج للمؤقت (3) بين كل من D_2 , D_1، كما بالدائرة، نجد أنه عندما يكون خرج المؤقت مرتفعاً (H) فإن الموحد الباعث للضوء D_2 يعطى إضاءة بينما يعتم D_1، أما عندما يكون خرج المؤقت منخفضاً (L) فسيضىء D_1 ويعتم D_2، وعلى هذا عندما يتبادل D_1 , D_2 الإضاءة والإعتام يكون المؤقت (555) فى حالة جيدة، كما أن معدل إضاءة وإعتام كل من D_1 , D_2 يتوقف على قيمة كل من R_1 , R_2 وكذلك سعة المكثف C_1 أى بمعنى آخر يتوقف على تردد المذبذب الذى يمكن حسابه من العلاقة:

$$F = 1.44 / (R_1+2R_2) C_1 \ HZ$$

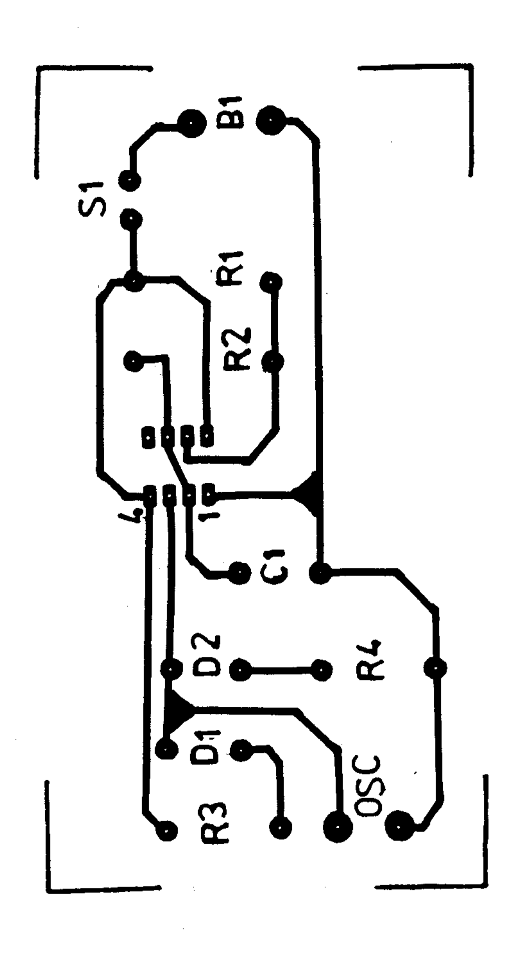
وعندما تكون قيمة المقاومة R_2 عالية جداً بالمقارنة بقيمة R_1 فإنه يمكن إهمال قيمة R_1 وعلى ذلك يحسب تردد المذبذب فى هذه الحالة من العلاقة:

$$F \cong 0.72 / R_2C_1 \ HZ$$

وعليه يكون تردد المذبذب تقريباً يساوى 0.5 HZ.

وبتوصيل جهاز راسم الذبذبات فى خرج المذبذب كما بالدائرة يمكننا مشاهدة شكل الخرج الذى يكون عبارة عن موجة مربعة، وذلك للتأكد من جودة المؤقت تحت الاختبار.

الشكل (٤ – ١٨) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للدائرة، ويمكن تنفيذها على لوحة نحاسية.



الشكل (٤ - ١٨)

الباب الخامس

أجهزة القياس واختبار الاتصال

أجهزة القياس واختبار الاتصال

٥ / ١ - أجهزة قياس التردد

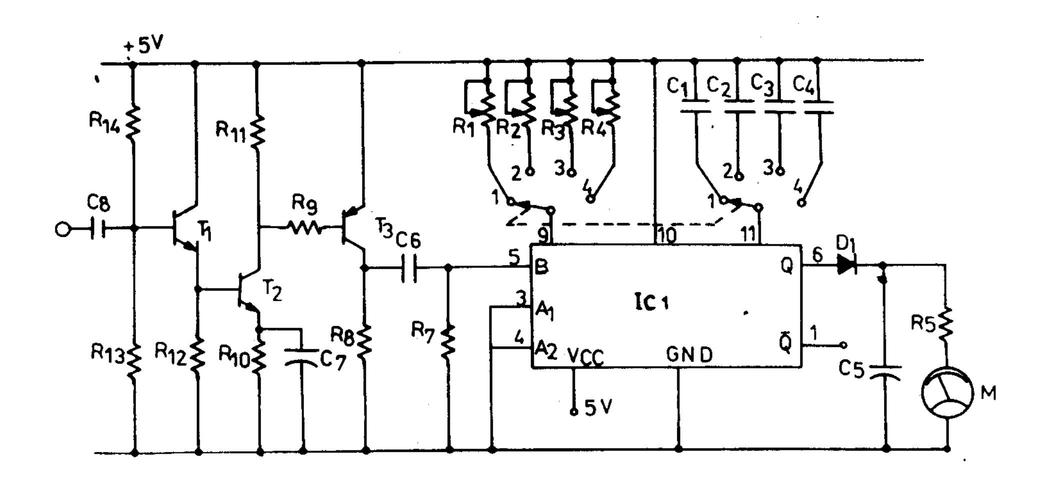
الدائرة رقم (٢٢)

الشكل (٥-١) يعرض دائرة جهاز قياس التردد التناظرى والذى يتراوح مدى قياسه ما بين 10HZ:100KHZ ويستخدم فى قياس تردد الموجات الجيبية والمربعة .

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/20KΩ	$R_1 : R_4$
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/22KΩ	R_6
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/4.7KΩ	R_7, R_8, R_{12}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/100KΩ	R_9
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/1.5KΩ	R_{10}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/680Ω	R_{11}
مقاومة كربونية قيمتها 0.33W/220KΩ	R_{13}, R_{14}
مكثف بوليستر سعته 390nF	C_1
مكثف بوليستر سعته 47nF	C_2
مكثف بوليستر سعته 4.7nF	C_3
مكثف بوليستر سعته 470PF	C_4
مكثف بوليستر سعته 470nF	C_6, C_8
مكثف كيميائى سعته 10V/100µF	C_9
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1
ترانزستور PNP طراز BC157	T_1

ترانزستور NPN طراز BC107	T_2, T_3
دائرة متكاملة طراز 14121	IC_1
انظر النص	$[R_5, C_5, M]$
مصدر قدرة مستمر +5V	
مفتاح اختبار دوار قطبين أربع سكك	S_1



الشكل (٥-١)

نظرية عمل الدائرة:

يستخدم هذا الجهاز لقياس تردد الموجات المربعة والجيبية، والتى يصل جهدها إلى (25mV)، ويتراوح ترددها فى خلال المدى (10HZ:10KHZ). ويوجد أربعة أمدية قياس للجهاز يمكن تحديدها بواسطة المفتاح S1 وهى كما بالجدول (٥-١).

جدول (٥-١)

وضع S1	المـــدى
1	10HZ : 100 HZ
2	100HZ : 1K HZ
3	1KHZ : 10KHZ
4	10KHZ : 100KHZ

كما أنه يتم معايرة المدى الأول بواسطة المقاومة R1 ومعايرة المدى الثانى بواسطة المقاومة R2 أما المدى الثالث فيعاير بواسطة R3 والمقاومة R4 يتم بواسطتها معايرة المدى الرابع.

كما يصل أقصى قيمة للتيار المسحوب من الدائرة إلى حوالى 10mA، ويتم اختيار قيمة المقاومة R5 وسعة المكثف C5 تبعاً لأقصى قيمة تيار لجهاز الأميتر المستخدم.

والجدول (٥-٢) يعطى قيم كل من C5, R5 تبعاً لقيمة أقصى تيار لجهاز الأميتر المستخدم.

جدول (٥-٢)

أقصى مدى قياس للأميتر	R_5	C_5
100µA	39 KΩ	2 µF/10V
500µA	6.8K.Ω	15µF/10V
1mA	3.9 KΩ	25µF/10V

والجـــدير بالذكـر أن الدائرة المتكاملة IC_1 تعمل كمذبذب أحادى الاستقرار لتثبيت زمن بقاء الموجة الداخلة عالياً فى الدورة الواحدة، حيث إن زمن بقاء الموجة الخارجة من المذبذب IC_1 عالياً خلال الدورة الواحدة يساوى:

$$t = 0.63 \quad R_nC_n$$

حيث إن:

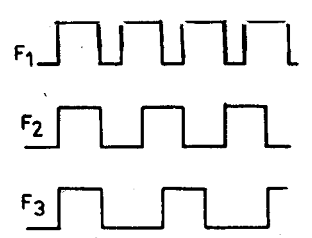
n هى رقم وضع المفتاح S_1

وعلى هذا يكون زمن بقاء الموجة الخارجة من المذبذب عندما تكون فى المستوى العالى (High) ثابتًا خلال المدى الواحد. ويكون الاختلاف بين التردد فى زمن بقاء الموجة الخارجة من المذبذب عندما تكون فى المستوى المنخفض. فكلما زاد التردد قل زمن بقاء الموجة الخارجة عندما تكون فى المستوى المنخفضة والعكس بالعكس. وعلى ذلك يكون الجهد المحصل على المكثف C_5 متوقفاً على زمن التفريغ (زمن بقاء الموجة الخارجة عندما تكون فى المستوى المنخفضة)، فكلما ازداد زمن التفريغ قل الجـــهـــد على أطراف المكثف والعكس بالعكس والشكل (٥-٢) يوضح شكل النبضات الخارجة من المذبذب والمقابلة لثلاثة ترددات مختلفة:

أ - تردد عال F_1.

ب- تردد متوسط F_2.

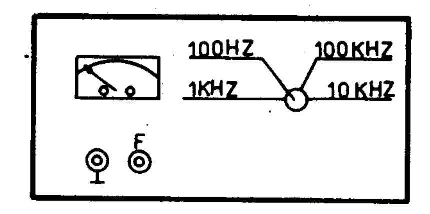
جـ – تردد منخفض F_3 .



الشكل (٥–٢)

وتعمل مجموعة الدخل المؤلفة من T_1, T_2, T_3 على رفع مستوى جهد الإشارة الداخلة حتى يتناسب مع الدائرة المتكاملة 74121

ولمعايرة الجهاز يتم إدخال موجة مربعة ترددها 100HZ وجهدها 25mV على مداخل الجهاز مع وضع مفتاح S_1 على الوضع 1 وضبط المقاومة R_1 حتى تصل إلى أقصى مدى والذى يقابل 100HZ . وبنفس الطريقة يمكن معايرة الجهاز عند تردد 1KHZ بواسطة R_2 وعند 10KHZ بواسطة R_3 ومعايرته أيضاً عند 100KHZ بواسطة المقاومة R_4 والشكل (٥–٣) يعرض نموذجاً لواجهة الجهاز .



الشكل (٥–٣)

الدائرة رقم (٢٣)

من المعروف أنه يمكن قياس فرق الجهد وكذلك شدة التيار والمقاومة باستخدام جهاز قياس متعدد الأغراض (AVO meter) كما أنه يمكن كذلك قياس كميات أخرى بنفس الجهاز إذا أمكن تحويلها إلى أى من القيم الثلاث التى يمكن قياسها مباشرة.

والدائرة التى نحن بصددها يمكن بواسطتها تحويل التردد المحصور فى خلال المدى من (10HZ:10KHZ) إلى فرق جهد.

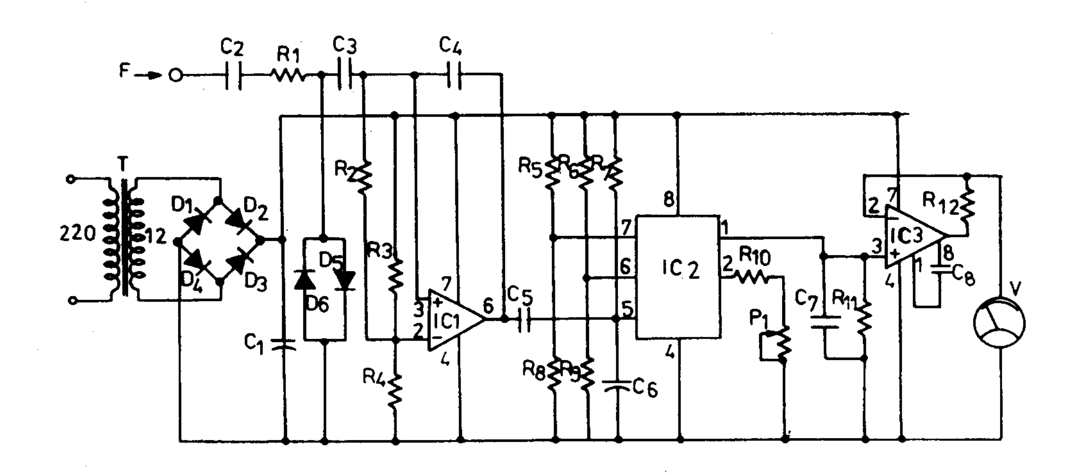
والشكل رقم (٥-٤) يعرض دائرة قياس التردد باستخدام جهاز قياس متعدد الأغراض (A.V.O meter).

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 560KΩ	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 10MΩ	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 2.2KΩ	R_3, R_4, R_{12}
مقاومة كربونية قيمتها 10KΩ	R_5, R_8, R_9
مقاومة كربونية قيمتها 4.7KΩ	R_6
مقاومة كربونية قيمتها 6.8KΩ	R_7
مقاومة كربونية قيمتها 5.6KΩ	R_{10}
مقاومة كربونية قيمتها 100KΩ	R_{11}
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها 1W/12KΩ	P_1

*** جميع المقاومات المستخدمة قدرتها (0.33W:0.5W)**

مكثف كيميائى سعته 50V/ 470µF	C_1
مكثف سيراميكى سعته 400V/ 22nF	C_2
مكثف سيراميكى سعته 22nF	C_3
مكثف سيراميكى سعته 2.2PF	C_4



F
C2
R1
C3
C4
T
220
12
D1
D2
D4
D3
D5
D6
C1
R2
R3
R4
IC1
C5
R5
R6
R7
R8
R9
C6
IC 2
R10
P1
C7
R11
IC3
R12
C8
V

الشكل (٥-٤)

مكثف سيراميكى سعته 10nF	C_5, C_6
مكثف سيراميكى سعته 1µF ذو تسريب منخفض	C_7
مكثف سيراميكى سعته 56 PF	C_8
موحد سليكونى طراز 1N 4001	$D_1 : D_4$
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_5, D_6
مكبر عمليات طراز op-AmP 3130	IC_1, IC_3
دائرة متكاملة عائلة CMOS طراز (4151) محول ترد إلى جهد	IC_2
محول خافض له نسبة تحويل 220/12V - 100mA	T
جهاز (AVO meter) أقصى تدريج 10V	Vmeter

نظرية عمل الدائرة:

الدائرة الموضحة فى شكل (٥-٤) مكونة من عدة مراحل متتابعة وهى:

١- وحدة التغذية:

وهى عبارة عن دائرة توحيد موجة كاملة (قنطرة توحيد) مكونة من أربعة موحدات سليكونية (D_1:D_4) مع مكثف ترشيح C_1 ومحول خافض T. ومنها يمكن الحصول على الجهد اللازم لتغذية الدائرة. ويجب ألا يقل تيار مرحلة التغذية عن 30mA.

٢- مرحلة التهيئة:

وتتمثل فى الدائرة المتكاملة IC_1 وهى مكبر عمليات طراز 3130. والوظيفة الأساسية لهذه المرحلة هى معالجة الإشارات ذات الجهود التى أقل من 50mV لتجعلها مناسبة لتغذية الدائرة المتكاملة IC_2 (4151).

كما يلاحظ أن IC_1 تعمل كمقارن فى هذه المرحلة ودخل هذه المرحلة موصل بها مكثف C_2 ، وكذلك الموحدان D_5,D_6، حيث تقوم هذه العناصر بحماية دخل الدائرة من أى ارتفاع فى جهد إشارة الدخل عن ($400V_{PP}$)، وكذلك لمنع الجهد الزائد عن هذا من الوصول إلى دخل المقارن IC_1.

كما أن جهد التغذية يقسم فى دخل IC_1 على كل من المقاومتين R_3,R_4 . ويقوم التيار المار فى R_2 بجعل خرج المقارن فى حالة التشبع السالب . وعلى ذلك فإن أى إشارة فى الدخل لها جهد كافٍ سوف تغير حالة هذا الخرج .

وعمليا يكون التحول السريع لحالة الخرج ناشئا عن التغذية العكسية الموجبة عن طريق المكثف C_4 . ويمكن لأى إشارة فى الدخل أن تحول الخرج مرة أخرى وهكذا سيكون خرج المقارن عبارة عن موجة مستطيلة تغذى إلى المرحلة التالية .

٣- مرحلة المغير (المحول) Converter

العنصر الأساسى لهذه المرحلة هى الدائرة المتكاملة IC_2 طراز (4151) حيث إن الدائرة المتكاملة هذه تقوم بتحويل تردد الإشارة القادمة من IC_1 إلى جهد . وعلى ذلك فإن خرج هذه المرحلة عبارة عن جهد مستمر (Dc Voltage) طبقاً لتردد إشارة الدخل .

والعلاقة بين جهد الخرج لهذه المرحلة وتردد الدخل لها يأتى من العلاقة :

$$\frac{V}{F} = \frac{R_9 \, R_{11} \, C_6}{0.486 \, (R_{10} + P_1)} \quad V/HZ$$

كما أنه يمكن القول أن مكونات الدائرة تم اختيارها على أساس أن يكون خرج الدائرة يعطى (1V) لكل (1KHZ) أى أن جهد (10V) سيكون مناظراً لتردد يساوى (10 KHZ) .

٤- مرحلة الخرج

ونعنى بها هنا كيفية توصيل الجهد الناتج من IC_2 إلى جهاز القياس بالطريقة الصحيحة . ويتم هذا عن طريق الدائرة المتكاملة IC_3 حيث تعمل (VOLTAGE FOLOWER) . كما تتم حماية الخرج من حدوث دائرة قصر عن طريق المقاومة R_{12} . وطريقة توصيل المقاومة R_{12} بالدائرة تؤدى إلى عمل تغذية عكسية للدائرة المتكاملة IC_3 مما يؤدى إلى تعويض الجهد المفقود عليها للحفاظ على قيمة جهد الخرج حيث إنه يعبر عن التردد الفعلى لدخل الدائرة .

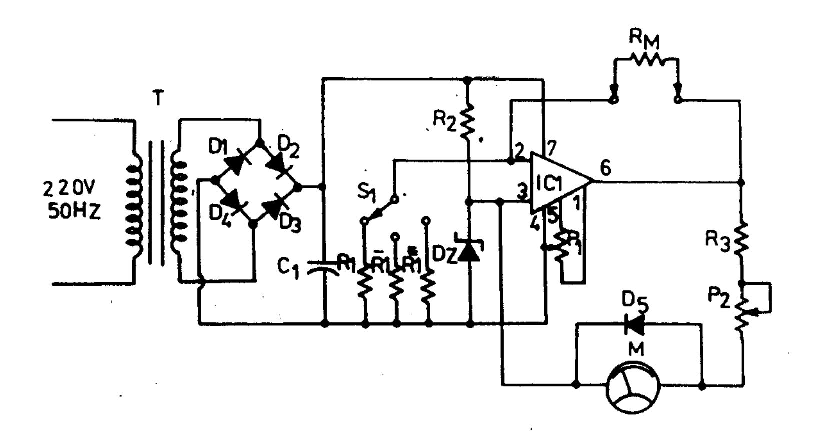
معايرة الدائرة :

تتم المعايرة بواسطة استخدام مولد دوال (FUNCTION GENERATOR) يوصل إلى دخل الدائرة موجه ترددها 10KHZ . وتضبط المقاومة P1 حتى يعطى جهاز القياس الموصل مع الدائرة (10V) (كامل تدريج الجهاز) ويمكن إعادة هذه العملية عند قيم مختلفة للتأكد من صحة عمل الدائرة . مع مراعاة أن تكون قراءة جهاز القياس لا تتعدى (1V) لكل تردد لموجة الدخل يساوى (1KHZ). كما أنه يجب المحافظة على وضع المقاومة P1 عند الوضع الذى يقيس أكبر قيمة لجهاز القياس (10V).

٥ / ٢ - جهاز الأوميتر

الدائرة رقم(٢٤)

الشكل رقم (٥-٥) يعرض دائرة بسيطة لجهاز أوميتر.



الشكل (٥-٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية $0.5W/1K\Omega$	R_1,R_2
مقاومة كربونية $0.5W/10K\Omega$	$\bar{R}_1$
مقاومة كربونية $0.5W/100K\Omega$	$\bar{\bar{R}}_1$
مقاومة كربونية $0.5W/2.7K\Omega$	R_3
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها $1W/100K\Omega$	P_1
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها $1W/2.7K\Omega$	P_2
مكثف كيميائى سعته $50V/470\mu F$	C_1
موحد سليكونى طراز 1N4001	$D_1:D_4$
موحد جرمانيوم طراز OA95	D_5
مكبر عمليات طراز CA 3140	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
محول خافض له نسبة تحويل 250mA - 220/12v	T_1
جهاز قياس تيار أقصى تدريج (1mA) مع مقاومة توالى $3.9K\Omega$	M
المقاومة المراد قياسها فى خلال المدى $(0:100K\Omega)$	R_M

نظرية عمل الدائرة:

يمكن بواسطة تلك الدائرة قياس المقاومات التى تقع قيمتها فى خلال المدى $(0:100K\Omega)$ ، وفى الدائرة يستخدم مكبر العمليات طراز 3140 الذى يعمل فى الدائرة كمكبر غير عاكس وثنائى الزينر Dz الموصل فى دخل مكبر العمليات يعطى جهداً ثابتاً على الطرف غير العاكس (3) قيمته 3.9V، وعلى ذلك يكون خرج المكبر

$$VO = \frac{(R_M + R_1)}{R_1} X3.9 \quad V$$

كما أن الجهد المقاس بواسطة جهاز القياس (M) يساوى:

$$V_M = (R_M/R_1) \times 3.9 \quad V$$

ومن العلاقة السابقة يلاحظ أن الجهد المقاس V_M يتناسب مع جهد ثنائى الزينر والمقاومة R_M . ويكون أقصى انحراف لجهاز القياس فى حدود 3.9V، ولكن القيمة الفعلية تتوقف على نسبة الخطأ فى جهد ثنائى الزينر.

كما أنه يمكن جعل الجهاز يقيس المقاومات فى ثلاث أمدية مختلفة باستخدام ثلاثة قيم للمقاومة R_1 وهى $R_1, \bar{R}_1, \bar{\bar{R}}_1$.

فعند اختيار المقاومة $R_1=1K\Omega$ سيكون أقصى انحرافاً لجهاز القياس 3.9V وهذا عندما تكون $R_M = R_1$ ويكون مدى القياس يتراوح ما بين $(0\text{-}1K\Omega)$.

وعند اختيار المقاومة $\bar{R}_1 = 10K\Omega$ سيكون أقصى انحرافاً لجهاز القياس 3.9V وهذا عندما يكون $R_M=\bar{R}_1$ ويكون مدى القياس (0-10K) وعند اختيار المقاومة $\bar{R}_1=100K\Omega$ فإن أقصى انحراف لجهاز القياس سيكون 3.9V وهذا عندما يكون $R_M=100K\Omega$، ويكون مدى القياس يتراوح ما بين $(0 : 100K\Omega)$ وبهذا يمكن معرفة مدى القياس للجهاز بمعرفة قيمة R_1 الموصلة بالدائرة، ومن ثم يمكن معرفة قيمة المقاومة R_M، وذلك بمعرفة قيمة الجهد المقاس بالفعل عن طريق جهاز القياس.

ولحماية جهاز القياس من أى تحميل زائد يوصل ثنائى جرمانيوم D_5 على التوازى مع جهاز القياس كما هو موضح بالدائرة.

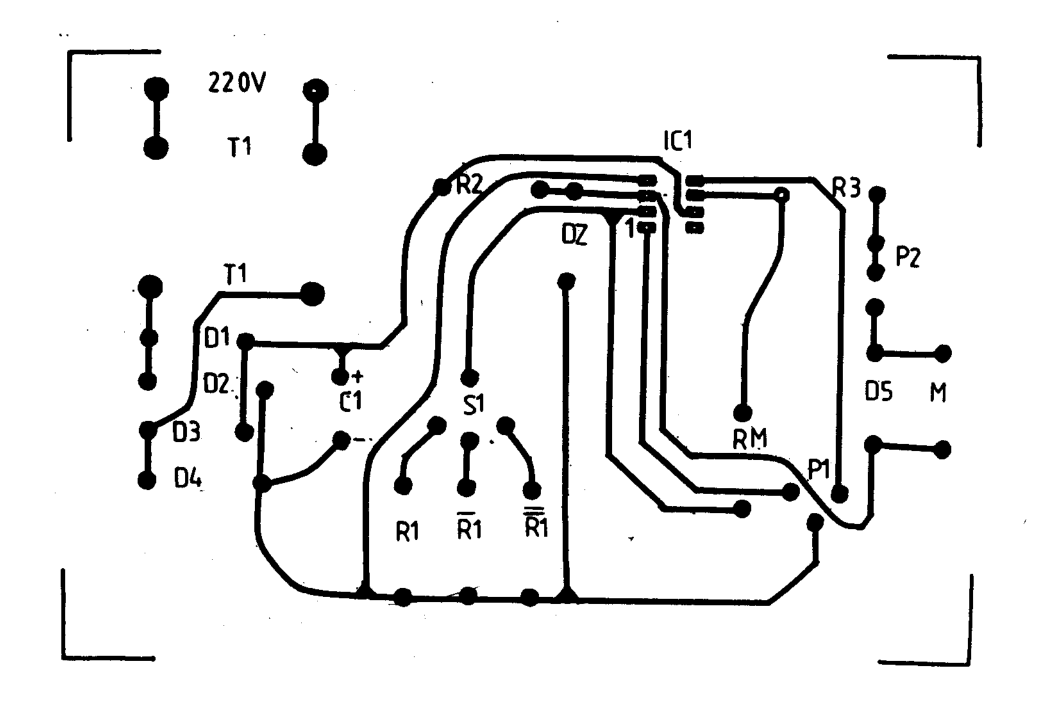
معايرة جهاز القياس:

١- من الضرورى أولاً: تصفير جهاز القياس وذلك بوضع P_2 على أقل قيمة لها وعمل دائرة قصر على طرفى موضع R_M ثم تضبط P_1 حتى يعطى جهاز القياس قراءة تساوى الصفر.

٢- يدرج جهاز القياس بعد ذلك بتوصيل مقاومة معروفة القيمة ولتكن $10K\Omega$ فى مكان R_M، وتكون نسبة الخطأ لها صغيرة جدا، ولتكن 2% ثم تضبط P_2 إلى أن يقرأ جهاز القياس القيمة الحقيقية للمقاومة.

٣- تعاد الخطوة الأخيرة على مقاومة قيمتها 100K .

* الشكل (٥ – ٦) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للجهاز حيث يمكن تنفيذه على لوحة نحاسية .



الشكل (٥ – ٦)

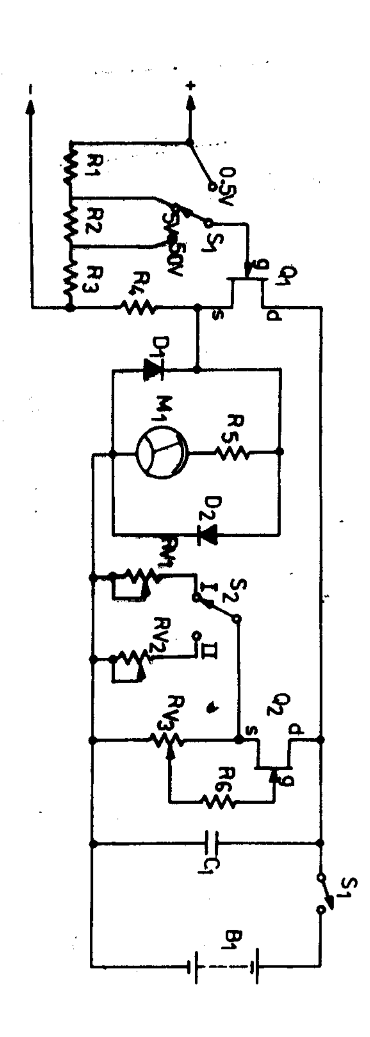
٥ / ٣ - جهاز قياس فرق الجهد

الدائرة رقم (٢٥)

الشكل (٥-٧) يعرض دائرة جهاز قياس فرق الجهد (فولتميتر)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W/10MΩ نسبة التفاوت لا تتعدى 2%	R_1
مقاومة كربونية 0.33W/1MΩ نسبة التفاوت لا تتعدى 2%	R_2
مقاومة كربونية 0.33W/11.1KΩ نسبة التفاوت لا تتعدى 2%	R_3
مقاومة كربونية 0.33W/4.7KΩ	R_4
مقاومة كربونية 0.33W/3.9KΩ	R_5
مقاومة كربونية 0.33W/1KΩ	R_6
مقاومة كربونية متغيرة 0.5W / 10 KΩ	RV_1,RV_3
مقاومة كربونية متغيرة 0.5W /22KΩ	RV_2
مكثف سيراميكى سعته 100 nF	C_1
ترانزستور (F.E.T) قناه (n) طراز BF 244b	Q_1,Q_2
مفتاح قطب واحد ثلاث سكك	S_1
مفتاح قطب واحد سكتين	S_2
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_3
بطارية 9V	B
جهاز قياس تيار عالى الحساسية يعاد تدريجه على أساس فرق الجهد يقيس على الأقل إلى (100mA)	M_1



0.5V
5V
50V
R1
R2
R3
R4
S1
Q1
g
s
d
D1
M1
R5
D2
RV1
S2
I
II
RV2
RV3
Q2
R6
C1
B1


الشكل (٥-٧)

نظرية عمل الدائرة:

من المعروف أن أجهزة القياس متعددة الأغراض تكون مناسبة لقياس الجهود المستمرة ولكنها تكون فى بعض الأحيان غير مناسبة عند إجراء القياسات على دائرة إعاقتها عالية. حيث إنه لا يمكن الحصول على التيار الكافى لتشغيل الملف المتحرك لجهاز القياس، فعند تحميل جهاز القياس على تلك الدائرة؛ يؤدى ذلك إلى انخفاض الجهد فى نقطة القياس انخفاضاً جوهرياً مما يؤدى إلى الحصول على قراءة خاطئة من جهاز القياس. وبتلك الدائرة أمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام ترانزستور تأثير المجال (F.E.T) فى دخل الدائرة فترتفع بذلك إعاقة دخل الدائرة إلى حوالى 11MΩ.

كما أن هذه الدائرة تقيس الجهد فى خلال ستة أمدية من 0.5V إلى 100V حيث يستخدم المفتاح S1 كمفتاح المدى فى الوضع I ومضاعف للمدى فى الوضع II. وحساسية الجهاز تكون عالية جداً فتبلغ 22MΩ/V فى خلال مدى قياس 0.5V وحوالى 110KΩV خلال مدى قياس 100V. كما أنه جدير بالذكر أن معظم أجهزة القياس متعددة الأغراض المستخدمة تكون حساسيتها فى حدود 22KΩ/V.

الترانزستور Q_1 كسب الجهد المستمر له يساوى الوحدة كما أنه يستخدم كمكبر عازل ويعطى إعاقة دخل عالية للجهاز وخرج Q_1 يغذى الدائرة بتيار يمر إلى جهاز القياس M_1 حيث يكون انحراف مؤشر M_1 مناظراً لقيمة فرق الجهد المقاس.

فعند وضع المفتاح S_1 على وضع 0.5V والمفتاح S_2 على وضع I فإن قراءة نهاية التدريج لجهاز القياس يعبر عن قيمة 0.5V.

أما إذا كان S_2 على وضع II ، S_1 على وضع 0.5V فإن قراءة نهاية التدريج لجهاز القياس يعبر عن قيمة 1V.

وعلى ذلك يمكن أن يفهم أن S_2 على الوضع I يعطى قراءة نهاية التدريج مساوية

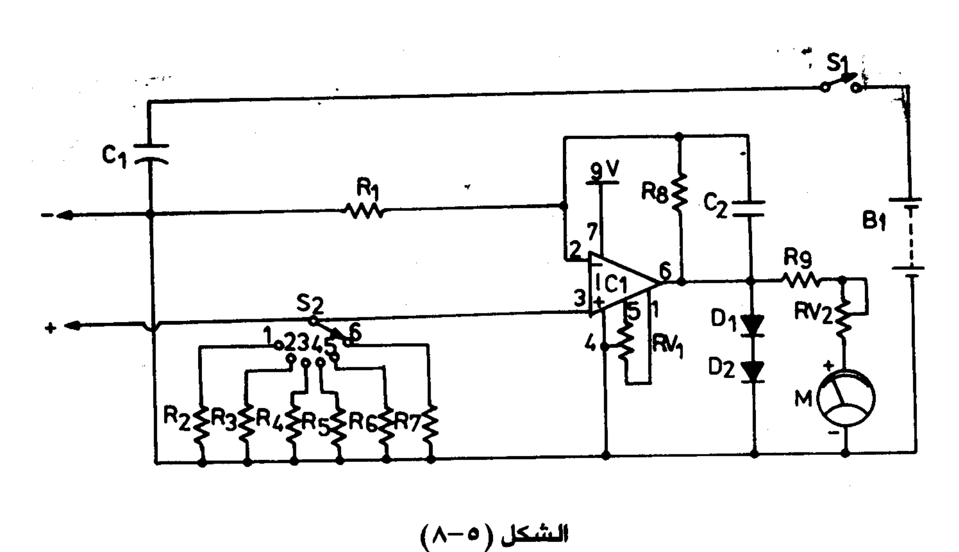
للمدى المضبوط عليه S_1 أما إذا كان S_2 على الوضع II فإن قراءة نهاية التدريج للجهاز تكون ضعف المدى المضبوط عليه S_1 فعلى سبيل المثال إذا كان S_1 على وضع 50V، S_2 على وضع I تكون قراءة نهاية التدريج للجهاز 50V أما إذا كان S_1 على S_2,50 على الوضع II فإن قراءة نهاية التدريج للجهاز تكون 100V، المقاومتان المتغيرتان RV_2, RV_1 تستخدمان لضبط الجهاز لإعطاء الانحراف الصحيح المناظر لمدى القياس المختار عن طريق S_1,S_2.

كما أن الترانزستور Q_2 يعتبر مصدراً إضافيا للتيار يأخذ جهد البوابة عن طريق المقاومة المتغيرة V_{R3} التى يمكن بواسطتها التحكم فى تيار Q_2 كما أن خرج Q_2 لضبط الصفر لمؤشر جهاز القياس. وعلى ذلك تكون V_{R3} التحكم فيها يضبط الصفر لمؤشر الجهاز عن طريق Q_2، والموحدان D_1,D_2 يستخدمان فى عمل حماية للجهاز ضد التحميل الزائد، فى حين أن المقاومة R_5 تعمل كمحدد للتيار المار فى ملف جهاز القياس.

٥ / ٤ - جهاز قياس التيار (الأميتر)

الدائرة رقم (٢٦)

الشكل (٥-٨) يعرض دائرة جهاز قياس التيار.



الشكل (٥-٨)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W/3.9KΩ	R_1
مقاومة كربونية 0.33 W / 1Ω	R_2
مقاومة كربونية 0.33W/10Ω	R_3
مقاومة كربونية 0.33W/100Ω	R_4
مقاومة كربونية 0.33W/1KΩ	R_5
مقاومة كربونية 0.33W/10KΩ	R_6
مقاومة كربونية 0.33W/100KΩ	R_7
مقاومة كربونية 0.33W/390KΩ	R_8
مقاومة كربونية 0.33W/6.8KΩ	R_9
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها 0.5W/10KΩ	RV_1
مقاومة كربونية متغيرة قيمتها 0.5W/4.7KΩ	RV_2
مكثف سيراميكى سعته 100nF	C_1
مكثف سيراميكى سعته 220nF	C_2
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1,D_2
مكبر عمليات طراز CA 3140E	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
مفتاح اختيار دوار قطب واحد ستة أوضاع	S_2
جهاز قياس 100μA	M_1
بطارية جهدها 9V	B_1

نظرية عمل الدائرة:

الدائرة المبينة بالشكل (٥-٨) من الدوائر ذات الحساسية العالية لقياس التيار فى خلال ستة أمدية من 100nA إلى 10mA . كما أنه يستخدم فى الدائرة جهاز قياس، حيث يعطى قراءة 1Vعند نهاية التدريج (F.S.D) وتستخدم المقاومتين R_{V2},R_9 فى ضبط حساسية جهاز القياس كما أن مكبر العمليات المستخدم IC_1 يوصل فى الدائرة كمكبر غير عاكس وكسب الجهد المستمر له يأتى من العلاقة:

$$A=(R_F/R_1)+1 \simeq R_F / R_1$$

حيث إن:

$$R_1 = 3.9\ K\Omega$$

$$R_F = 390\ K\Omega$$

$$A = (390 \times 10^3) / (3.9\ 10^3) = 100$$

كما أن المكبر غير العاكس الموجود بالدائرة يوصل الطرف غير العاكس له (3) بجهد 0V، عن طريق مقاومة المدى التى يتم اختيارها بواسطة المفتاح S_2، فى هذه الحالة يكون خرج المكبر نظرياً يساوى صفراً. ولا يكون هناك انحراف لمؤشر جهاز القياس ؛ ولكن عمليا يمكن موازنة هذا الوضع بواسطة المقاومة R_{V1} والتى تستخدم فى ضبط الصفر الكهربى لمكبر العمليات . IC_1.

عند توصيل تيار إلى دخل الجهاز يمر هذا التيار خلال مقاومة المدى التى تم اختيارها بواسطة المفتاح S_2 فيؤدى إلى تولد فرق جهد على طرفى المقاومة وهذا الجهد يتم تكبيره بواسطة IC_1 ويكون هناك انحراف فى مؤشر M_1 مناظر لهذا الجهد.

فعند دمج المقاومة R_2 فى الدائرة تكون الدائرة فى حاجة إلى 10mA لإعطاء قراءة من جهاز القياس مساوية لنهاية التدريج (F.S.D) . فالتيار الذى قيمته 10mA؛ يولد فرق جهد قيمته 10mv على طرفى المقاومة R_2، حيث يكبر هذا الجهد مائة مرة عن طريق IC_1، وبذلك تكون قيمة الجهد فى خرج المكبر (1V) . ومن الملاحظ أن مقاومات المدى (R_2:R_7) تزيد قيمتها بمعدل (X10) وعليه يكون التيار المطلوب لتوليد فرق

جهد على أى من مقاومات المدى يساوى 10mV والذى يعطى انحرافاً لمؤشر M_1 إلى نهاية التدريج يقل بمعدل $\frac{1}{10}$ بالنسبة لترتيب المقاومات $(R_2:R_7)$.

كما أن مقاومة دخل الدائرة عالية جداً نظراً لاستخدام مكبر العمليات من النوع (FET) وعليه لا يكون هناك انخفاض فى قيمة التيار المقاس ويكون انحراف مؤشر M_1 مناظراً لقيمة التيار المراد قياسه.

أما الموحدان D_1,D_2 ، فيوصلان على التوالى فى خرج IC_1 ومن ثم يعملان على حماية جهاز القياس M_1 إذا زاد جهد خرج المكبر IC_1 عن 1.3V .

والمقاومة V_{R1} يتم بواسطتها ضبط الصفر لمؤشر M_1 قبل إجراء القياس.
قيمة أمدية القياس لأوضاع المفتاح S_2.

1-10mA	2- 1mA
3- 100 µA	4- 10 µA
5- 1µA	6- 100nA

٥ / ٥ - جهاز قياس التيار والجهد التناظرى

من أجل فهم نظرية عمل هذا الجهاز سنستعرض النظرية التى بنى عليها الجهاز.
فالشكل (٥-٩) يبين دائرتين مختلفتين لمكبر العمليات الشكل (أ) يعرض دائرة مكبر عمليات يستخدم لقياس فرق الجهد .

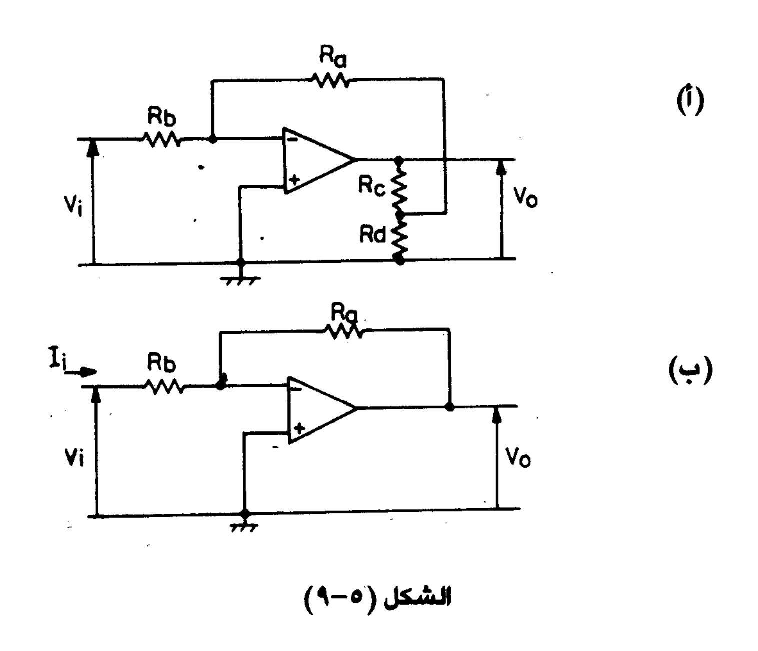
حيث إن:

$$Vo = -V \left(\frac{Ra}{Rb} - \frac{Rc+Rd}{Rd} \right)$$

الشكل (ب) يعرض دائرة مكبر عمليات يستخدم لقياس التيار

حيث إن:

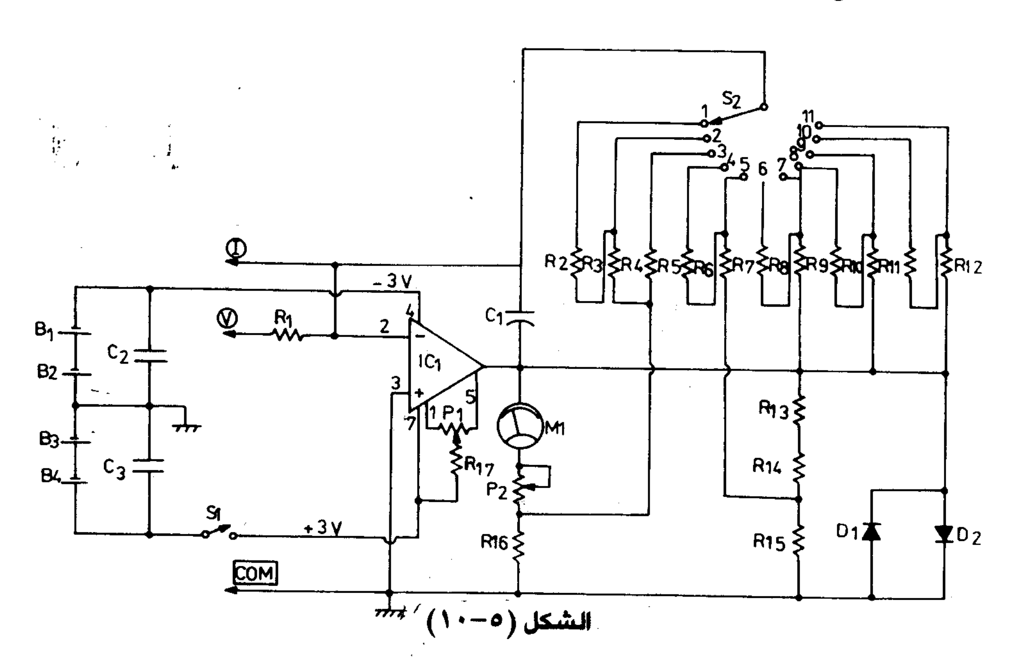
$$Vo = -Ii\ Ra$$



الشكل (٥-٩)

الدائرة رقم (٢٧)

الشكل (٥-١٠) يعرض دائرة جهاز قياس التيار والجهد التناظرى.



الشكل (٥-١٠)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W/10MΩ	R_1
مقاومة كربونية 0.33W/8MΩ	R_2
مقاومة كربونية 0.33W/2MΩ	R_3
مقاومة كربونية 0.33W/1MΩ	$R_4:R_6$
مقاومة كربونية 0.33W/470KΩ	R_7,R_8
مقاومة كربونية 0.33W/4.7KΩ	$R_9:R_{12},R_{17}$
مقاومة كربونية 0.33W/1KΩ	R_{13},R_{15}
مقاومة كربونية 0.33W/2.7KΩ	R_{14}
مقاومة كربونية 0.33W/100Ω	R_{16}
مقاومة كربونية متغيرة 0.5W/100KΩ	P_1
مقاومة كربونية متغيرة 0.5W/2.2KΩ	P_2
مكثف بوليستر 2.2nF	C_1
مكثف بوليستر 10 nF	C_2,C_3
موحد سليكوني طراز 1N4148	D_1,D_2
مكبر عمليات طراز LF 356	IC_1
جهاز أميتر 100μA	M_1
بطارية جافة جهدها 1.5V	$B_1:B_4$
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
مفتاح اختيار دوار له أحد عشر موضعًا	S_2

نظرية عمل الدائرة

بواسطة المفتاح S2 يمكن تحديد مدى القياس للجهاز سواء كان عند قياس شدة التيار أو عند قياس فرق الجهد . والجدول (٥-٣) يبين أمدية القياس المختلفة للجهاز لكل من التيار، فرق الجهد .

جدول (٥-٣)

الوضع	جهد الدخل الأقصى Vi	تيار الدخل الأقصى Ii
1	10 mV	1 nA
2	50 mV	5 nA
3	100mV	10 nA
4	500mV	50 nA
5	1 V	100 nA
6	5 V	500 nA
7	10 V	1μA
8	50 V	5μA
9	100 V	10μA
10	500 V	50μA
11	1000 V	100μA

والجدير بالذكر أن جميع المقاومات يجب ألا يزيد تفاوتها عن 1% والمقاومة P1 تستخدم لضبط حيود الخرج، وذلك عندما يكون أطراف الجهاز فى حالة قصر حتى تصبح قراءة الجهاز صفراً .

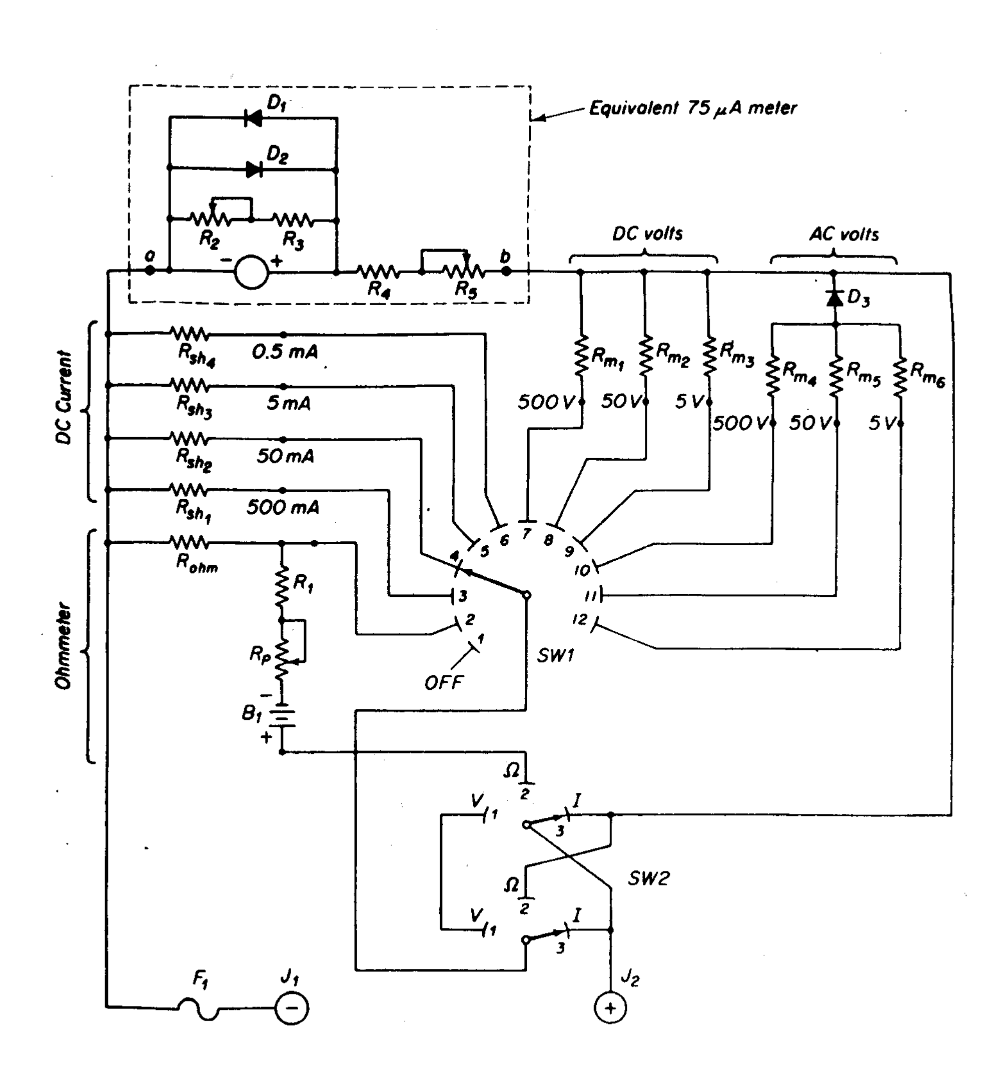
أما P2 فتستخدم لمعايرة الجهاز، وذلك بوضع المفتاح S2 على مدى جهد معلوم، ثم توصل الأطراف V,Common مع منبع جهد يعطى القيمة المضبوط عليها الجهاز،

ثم يغلق المفتاح S1 ويعاير الجهاز بواسطة P2 حتى تحصل من جهاز القياس على قراءة تساوى الجهد المقاس.

٥ / ٦ - جهاز الآفوميتر التناظرى

الدائرة رقم (٢٨)

الشكل (٥-١١) يعرض دائرة جهاز آفوميتر تناظرى.



الشكل (٥-١١)

مواصفات الجهاز

١- يستخدم كجهاز أوميتر لقياس المقاومات خلال مدى 1KΩ .

٢- لقياس التيار المستمر خلال الأمدية التالية :

1- 0 : 500 mA

2- 0 : 50 mA

3- 0 : 0.5 mA

٣- لقياس الجهد المستمر خلال الأمدية التالية :

1- 0 : 500 V

2- 0 : 50 V

3- 0 : 5 V

٤- ويستخدم لقياس الجهد المتردد خلال الأمدية التالية :

1- 0 : 500 V (r ms)

2- 0 : 50 V (r ms)

3- 0 : 5 V (r ms)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 0.5 w / 560Ω بتفاوت 10%	R_1
مقاومة متغيرة قيمتها 1W/2.5K بتفاوت 10%	R_2,R_5
مقاومة كربونية 0.5W/1kΩ بتفاوت 10%	R_3
مقاومة كربونية 0.5w/390Ω بتفاوت 10 %	R_4
مقاومة متغيرة 2w/1kΩ تثبت على اللوحة	R_P
مقاومة كربونية 0.5w/16.9Ω يتفاوت 1%	R_{ohm}
مقاومة قيمتها 0.300045Ω انظر الشرح	R_{sh1}

مقاومة قيمتها 3.00451Ω انظر الشرح	R_{sh2}
مقاومة قيمتها 30.9Ω بتفاوت 1%	R_{sh3}
مقاومة قيمتها 357Ω بتفاوت 1%	R_{sh4}
مقاومة كربونية 6.65MΩ بتفاوت 1%	R_{m1}
مقاومة كربونية 665KΩ بتفاوت 1%	R_{m2}
مقاومة كربونية 64.9KΩ بتفاوت 1%	R_{m3}
مقاومة كربونية 3.01MΩ بتفاوت 1%	R_{m4}
مقاومة كربونية 294KΩ بتفاوت 1%	R_{m5}
مقاومة كربونية 25.5KΩ بتفاوت 1%	R_{m6}
موحد سليكونى طراز 1N914	$D_1 : D_3$
مفتاح قطب واحد ذو12 موضعاً	SW_1
مفتاح قطبين ذو ثلاثة مواضع	SW_2
بطارية 9V	B_1
جهاز أميتر 0:50mA	M_1
مصهر 500mA يعمل عند جهد 250V	F_1
أطراف توصيل أنثى Banana	J_1, J_2
حامل مصهر	

نظرية عمل الدائرة:

يرتكز عمل الدائرة على جهاز القياس M_1 مع دوائر الحماية والضبط، والتى تتألف من R_2,R_3, R_4,R_5,D_1,D_2 ، من أجل تحسين دقة الجهاز M_1 والذى له تدريج كامل (50μA) بتفاوت ±3% ومقاومته الداخلية 1KΩ؛ يتم إضافة المقاومتين الثابتتين R_3,R_4 ومقاومتين متغيرتين R_2,R_5، ويمكن ضبط هذه الدائرة للحصول على أميتر له

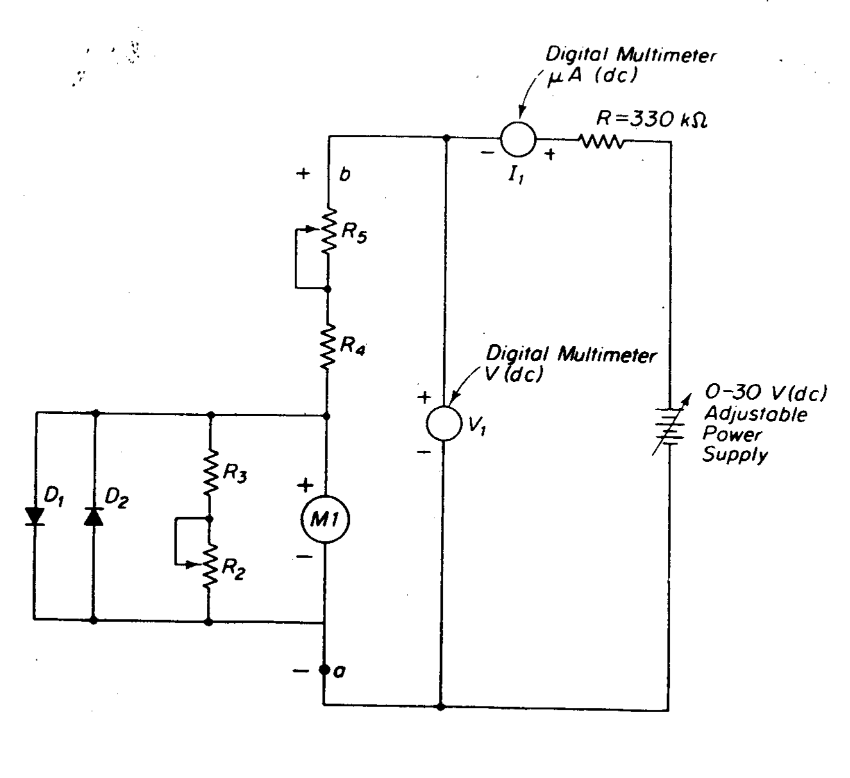
نهاية تدريج ($75\mu A$) ومقاومته الداخلية $2K\Omega$ ما بين النقطتين (a, b) وتضبط المقاومة R_2 لإمرار تيار إضافي يساوى $25\mu A$ ، ويدخل التيار هذا من النقطة b. أما المقاومات R_4, R_5 فتستخدم لضبط المقاومة الداخلية للجهاز لتساوى $2K\Omega$.

وللحصول على انحراف كامل لمؤشر الجهاز M_1 فإننا نحتاج إلى إمرار تيار قدرة $75\mu A$ ؛ ولذا فإنه يجب ضبط المقاومة R_5 حتى يصبح فرق الجهد بين النقطتين a,b يساوى 0.15V وذلك لأن .

$$Vab = IR_{ab}$$

$$= 75\mu A \times 2K\Omega = 0.15 \quad Vdc$$

والشكل رقم (٥ – ١٢) يبين الدائرة المستخدمة لضبط الدائرة المكافئة للأميتر الذى مداه يتراوح ما بين ($0:75\mu A$) ومقاومته الداخلية تساوى $2K\Omega$.



الشكل (٥-١٢)

وتعمل الموحدات D1, D2 لحماية الجهاز من زيادة الجهد الذى قد يؤدى إلى تلف الجهاز . ففى حالة التشغيل العادى يعمل كل من D1, D2 كمفتاح مفتوح ، بينما يتحولا إلى مفتاح مغلق عند الخطأ الذى يؤدى إلى زيادة الجهد .

١ - عمل الجهاز كأوميتر : (Ohmmeter) :

تعمل الدائرة المكافئة للأميتر الذى مداه (0:75µA) مع المقاومات Rohm ، RP, R1 والبطارية B1 كأوميتر.

فعند وضع المفتاح SW2 على وضع الأوم (Ω) ووضع مفتاح المدى SW1 على وضع 2 فإن الجهاز يعمل كأوميتر. ويكون مداه فى هذه الحالة (0:1KΩ) كما أنه فى بداية التشغيل يتم ضبط مؤشر الجهاز على وضع (0Ω) وذلك بإحداث دائرة قصر (تلامس) كل من J1 , J2، كما يتم ضبط RP للوصول إلى انحراف كامل للمؤشر إلى نهاية التدريج، ويمكن بعد ذلك عمل تدريج خاص بالمقاومة، وذلك باستخدام مقاومات معلومة القيمة وتقع قيمتها خلال المدى المتاح (0 : 1KΩ) .

٢ - عمل الجهاز كأميتر تيار مستمر (D. C. Current) :

يوضع المفتاح SW2 على وضع I ويوضع مفتاح المدى SW1 عند أحد الأوضاع 6 أو 5 أو 4 أو 3 .

والجدير بالذكر أن المقاومات Rsh1 / Rsh2 يمكن توافرها بالأسواق، أما المقاومة Rsh3 / Rsh4، فيمكن تجهيزها بتوصيل بعض المقاومات القياسية على التوالى والتوازى .

٣ - عمل الجهاز كفولتميتر جهد مستمر (D. C. Voltge) :

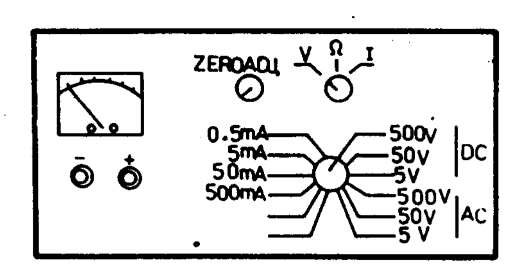
يوضع المفتاح SW2 على وضع V، ويوضع مفتاح المدى SW1 عند أحد الأوضاع 7 , 8 , 9 .

٤ - عمل الجهاز كفولتميتر جهد متردد (A. C. Voltage) :

يوضع المفتاح SW2 على وضع V، ويوضع مفتاح المدى SW1 على أحد الأوضاع 12 , 11 , 10 ؛ علماً بأن قراءة الجهاز فى هذه الحالة تكون أكثر دقة فى حالة الموجات

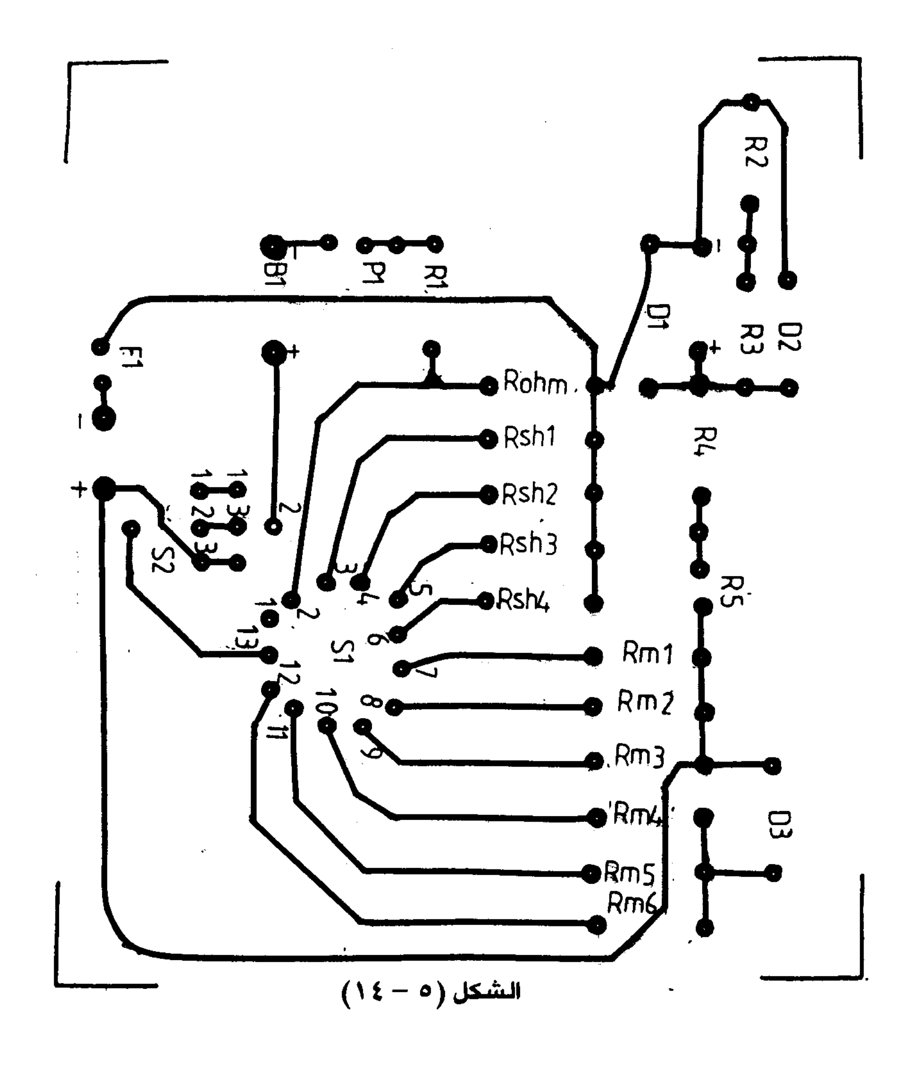
الجيبية فقط .

والشكل (٥ - ١٣) يعرض نموذجاً لواجهة الجهاز .



الشكل (٥ - ١٣)

كما يعرض الشكل (٥ - ١٤) مخطط التوصيلات الخلفية لدائرة الجهاز .



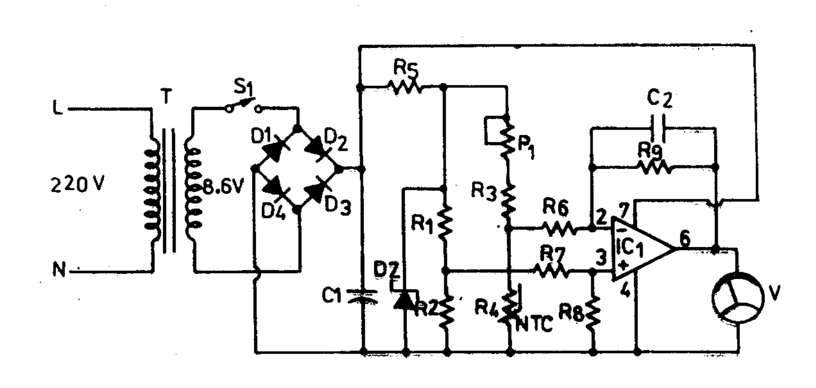
R2
D2
R3
D1
R1
P1
B1
F1
Rohm
Rsh1
Rsh2
Rsh3
Rsh4
R4
R5
S2
S1
Rm1
Rm2
Rm3
Rm4
Rm5
Rm6
D3

الشكل (٥ - ١٤)

٥ / ٧ - أجهزة قياس درجة الحرارة

الدائرة رقم (٢٩)

الشكل (٥ – ١٥) يعرض دائرة جهاز لقياس درجة الحرارة .



الشكل (٥ – ١٥)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 0.5W/10KΩ — R1 : R3

مقاومة ذات معامل حرارى سالب (NTC) قيمتها 10KΩ — R4

مقاومة كربونية 0.5W/470Ω — R5

مقاومة كربونية 0.5W/100KΩ — R6 , R7

مقاومة كربونية 0.5W/680KΩ — R8 , R9

مقاومة كربونية متغيرة 1W/10KΩ — P1

مكثف كيميائى سعته 25V/380µF — C1

مكثف سيراميكى سعته 100nF — C2

موحد سليكونى طراز 1N4001	$D_1 : D_4$
ثنائى زينر 400mw/6.8V	D_2
مكبر عمليات طراز op-Amp 741	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
محول خافض له نسبة تحويل 250mA - 220/18.6V	T
جهاز فولتميتر 12V	V

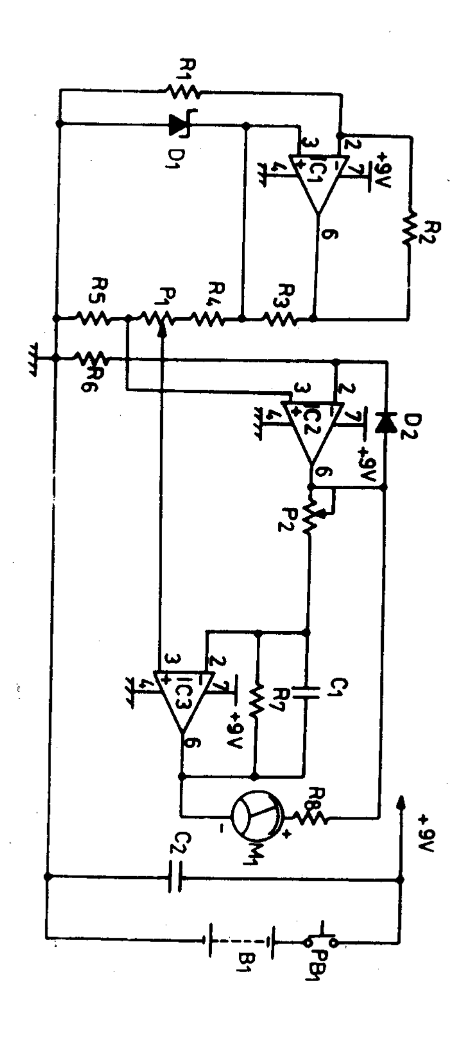
نظرية عمل الدائرة:

هذه الدائرة تعمل كترمومتر الكترونى لقياس درجة الحرارة فى خلال مدى (0:24C°)، حيث يوصل خرج الدائرة بجهاز قياس (V) فرق الجهد (V - meter) ومعدل خرج الدائرة يكون فى حدود 500mV لكل 1C°(500mV/C°)، توضع المقاومة R_4 ذات المعامل الحرارى السالب (N. T. C) فى الوسط المراد قياس درجة حرارته، فبارتفاع درجة حرارة الوسط تقل قيمة المقاومة والعكس بالعكس، ومكبر العمليات IC_1 يعمل فى الدائرة كمكبر تفاضلى ودخل المكبر يكون عن طريق قنطرة المقاومات المكونة من ثلاثة أزرع ثابتة، والممثلة بالمقاومات R_1 , R_2 , R_3 P_1، أما الزراع الرابع فهو المقاومة المتغيرة R_4 (N. T. C)، كما أن فرق الجهد يكون عند اتصال R_1 , R_2 تقريباً مساوياً 3.4V عندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط بالمقاومة R_4 مساوياً 0C° وهنا يتم ضبط المقاومة P_1 ليكون خرج المفاضل (IC_1) يساوى 0V بارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط بالمقاومة R_4 تقل قيمة المقاومة R_4 فيقل الجهد الواقع عليها، مما يؤدى إلى ارتفاع جهد الخرج للمكبر IC_1 بنفس المعدل (500mV/C°).

وعندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط بالمقاومة R_4 فى حدود 20C° فإن خرج المكبر يكون فى حدود 10V وعند درجة حرارة 24C° فإن خرج المكبر يساوى 12V .

الدائرة رقم (٣٠)

الشكل (٥ – ١٦) يعرض دائرة جهاز لقياس درجة الحرارة.



الشكل (٥-١٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.5W/47KΩ	R_1
مقاومة كربونية 0.5W/1KΩ	R_2,R_8
مقاومة كربونية 0.5W/100Ω	R_3
مقاومة كربونية 0.5W/10KΩ	R_4
مقاومة كربونية 0.5W/27KΩ	R_5
مقاومة كربونية 0.5W/4.7KΩ	R_6
مقاومة كربونية 0.5W/33KΩ	R_7
مكثف بوليستر سعته 47 nf	C_1,C_2
مقاومة متغيرة قيمتها 1W/10 KΩ	P_1,P_2
ثنائى زينر 400mW/5.6V	D_1
موحد سليكون طراز 1N4148	D_2
مكبر عمليات طراز 741	$IC:IC_3$
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1
جهاز أميتر 1mA	M
بطارية 9V أقصى تيار لها 3.5 mA	B_1

نظرية عمل الدائرة:

فى هذه الدائرة يستخدم المعامل الحرارى السالب للموحدات للإحساس بالتغير فى درجة الحرارة. فمن المعروف أنه عند مرور تيار ثابت فى الموحدات فإن فقد الجهد فى الانحياز الأمامى على الموحد يتناسب طردياً مع درجة حرارة الموحد.

وللحصول على جهد مرجعى ثابت تحتاج إلى موحد الزينر D_1 كما أن الدائرة المتكاملة IC_1 تقوم بتثبت التيار المار خلال D_1 وعلى ذلك فإن ثنائى الزينر لن يتأثر بتغير جهد المصدر.

بتغير درجة حرارة الموحد D_2 والمستخدم أساساً للإحساس بدرجة الحرارة فإن خرج المكبر IC_2 سوف يتغير بمعدل 2mV/C° وهذا الجهد يتم تكبيره بواسطة IC_3 حيث يتم تغذية الجهد المكبر لجهاز القياس.

ويتم معايرة جهاز القياس عندما تكون درجة الحرارة 0C° بواسطة P_1؛ بينما يعاير الجهاز عند التدريج الكامل (F.S.D) بواسطة المقاومة P_2. أما الضاغط PB_1 يستخدم فقط عند القياس وذلك بالضغط عليه لغلق الدائرة وتوصيل جهد البطارية B1 إلى الدائرة. وباستخدام هذه الدائرة يمكن قياس درجات حرارة خلال المدى (0:100C°). كما أنه يمكن قياس درجات حرارة تبدأ من 100C° - إلى 0C° ذلك فقط بعكس أطراف جهاز القياس M_1.

٥ / ٨ - أجهزة قياس سعة المكثف

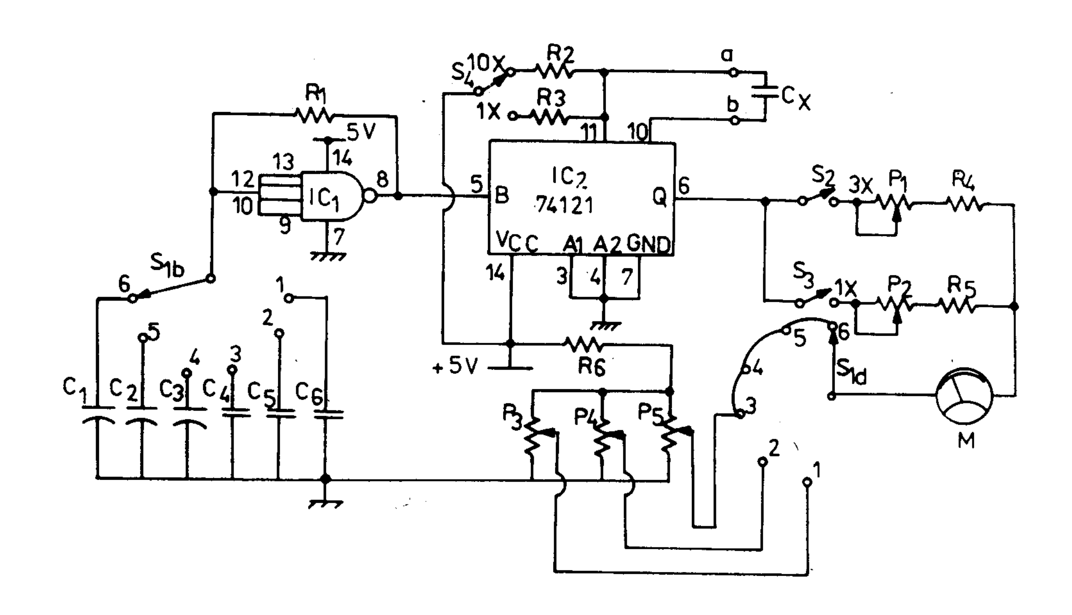
الدائرة رقم (٣١)

الشكل (٥-١٧) يعرض دائرة جهاز قياس سعة المكثف.

وهذا الجهاز يعمل خلال 14 مدى لقياس السعات التى تتراوح ما بين (5PF:15μF).

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W/330Ω بتفاوت 1%	R_1
مقاومة كربونية 0.33W/22KΩ بتفاوت 1%	R_2
مقاومة كربونية 0.33W/2.2KΩ بتفاوت 1%	R_3
مقاومة كربونية 0.5W/4.7KΩ	R_4
مقاومة كربونية 0.5W/22KΩ	R_5
مقاومة كربونية 0.5W/3.9KΩ	R_6
مقاومة كربونية متغيرة 1W/10 KΩ	P_1,P_2
مقاومة كربونية متغيرة 1W/1KΩ	$P_3 : P_5$
مكثف كيميائى سعته 10V/100μF بتفاوت 1%	C_1
مكثف بولى كربونيت سعته 10V/10μF بتفاوت 5%	C_2



R1
5V
14
13
12
10
IC1
9
7
8
S4
10X
R2
1X
R3
a
b
CX
11
10
5
B
IC2
74121
Q
6
VCC
A1
A2
GND
14
3
4
7
S2
3X
P1
R4
S3
1X
P2
R5
S1b
S1d
+5V
R6
P3
P4
P5
C1
C2
C3
C4
C5
C6
M

شكل (٥-١٧)

مكثف بولى كربونيت سعته 10V/1μF بتفاوت 5%	C_3
مكثف بوليستر كربونيت سعته 100nF بتفاوت 5%	C_4
مكثف بوليستر كربونيت سعته 10nF بتفاوت 5%	C_5
مكثف بوليستر كربونيت سعته 1nF بتفاوت 5%	C_6
دائرة متكاملة (Schmitt NAND) طراز 7413	IC_1
دائرة متكاملة (مذبذب أحادى الاستقرار) طراز 74121	IC_2
مفتاح اختيار دوار (ذو قطبين بستة مواضع)	S_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_2,S_3
مفتاح قطب واحد قلاب	S_4

نظرية عمل الدائرة:

تعمل الدائرة المتكاملة IC_1 مع المقاومة R_1 وأحد المكثفات C_1:C_6 كمذبذب لا مستقر تردده يساوى

$$F = 0.9/R_1C \quad HZ$$

وتعمل الدائرة IC_2 مع المكثف المراد قياس سعته (Cx) وأحد المقاومتين R_2, R_3 كمذبذب لا مستقر لزيادة عرض النبضات الخارجة من المذبذب اللامستقر IC_1 ويكون عرض النبضة يساوى

$$T = 0.693\ R\ Cx \quad Sec$$

وكما هو معروف فإن النسبة بين قيمتى كل من R_2: R_3 تساوى 10:1، أما المفتاحين S_2, S_3 فبواسطتهما يمكن تغيير مدى القياس للجهاز (M) وذلك بتغيير مقاومة التوالى الموصلة ما بين خرج المذبذب (IC_2) وجهاز القياس (M) كما أن المقاومتين P_4,P_5 يستخدمان لضبط الجهاز عند قياس السعات الصغيرة فى حين أن المقاومة P_3 لضبط الجهاز عند قياس السعات الكبيرة. ولضبط مدى القياس الكامل (F.S.D) نضع مكثف سعته 1nF بنسبة تفاوت 1% بين الطرفين a,b وتجهز المفاتيح

S1 على وضع (3)، S4 على وضع (1x)، بينما يغلق المفتاح S2 ليعطى المدى (3x) الذى يقابل (1500 PF) ثم تضبط المقاومة P1 حتى يكون انحراف مؤشر جهاز القياس موازيًا (2/3) الانحراف الكامل للمؤشر (2/3 F.S.D) .

تكرر الطريقة السابقة مع الأخذ فى الاعتبار الآتى : المفتاح S1 يبقى كما هو على الوضع (3)، المفتاح S4 يتم تغيير وضعه إلى (10x)، ثم يفتح المفتاح S2 ويغلق بدلاً منه المفتاح S3 ليعطى مدى القياس (1x) والذى يقابل 5000 PF، ثم تضبط المقاومة P2 حتى يصل انحراف مؤشر جهاز القياس M إلى (1/5) الانحراف الكامل للمؤشر (1/5 FSD) .

ولقياس سعة المكثف المجهول Cx تتبع الخطوات الآتية :

١- يوضع المكثف Cx بين نقطتى القياس a,b .

٢- تعدل أوضاع المفاتيح S_4, S_3, S_2, S_1 حتى نحصل على انحراف واضح لمؤشر جهاز القياس M .

٣- تحسب قيمة الانحراف الكامل لمؤشر الجهاز (F.S.D) فى هذه الحالة وذلك كالآتى : الانحراف الكامل (F.S.D) = وضع XS_1 وضع XS_4 قيمة المفتاح المغلق من (S_2, S_3) فعلى سبيل المثال .

إذا كان S_1 على وضع (50nf) ، S4 . (على وضع 10x، والمفتاح S_3 مغلق فإن :

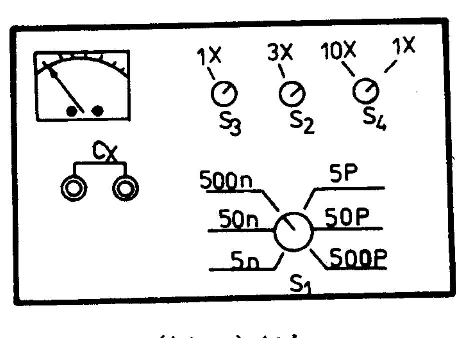
$$(F.S.D) = 50\ nf \times 10 \times 1 = 500\ nf.$$

٤- تحسب المسافة (انحراف) التى تحركها مؤشر الجهاز بالنسبة للتدريج الكلى فى هذه الحالة فعلى سبيل المثال : إذا تحرك مؤشر الجهاز مسافة تعادل (1/10) من التدريج الكلى . فإننا يمكننا الآن حساب قيمة Cx من العلاقة :

Cx = (F.S.D) x انحراف المؤشر

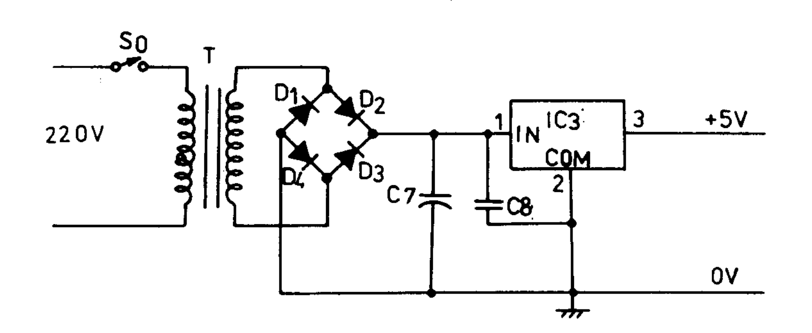
$$= 500 \times \frac{1}{10} = 50\ nf.$$

الشكل رقم (٥-١٨) يعرض شكل واجهة الجهاز موضحًا عليها مكان توصيل المكثف Cx . ومفاتيح الضبط المختلفة وكذلك جهاز القياس M .



شكل (٥-١٨)

الشكل رقم (٥-١٩) يعرض دائرة مصدر القدرة منظم +5V والتى تستخدم فى تغذية دائرة الجهاز .



شكل (٥-١٩)

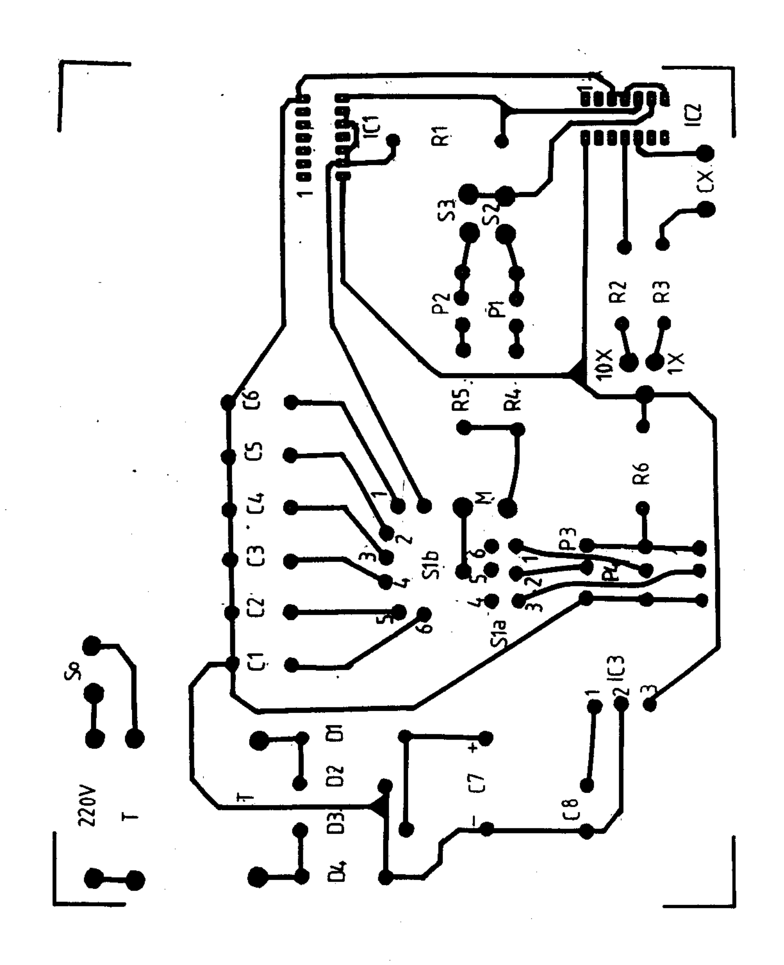
عناصر الدائرة:

موحد سليكونى طراز 1N4001	D1 :D4
مكثف كيميائى سعته 10V/1000µF	C7
مكثف بوليستر سعته 0.1µF	C8
دائرة متكاملة لمنظم الجهد طراز LM 7805	IC3
محول خافض نسبة تحويله 150mA-220/6V	T1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S0

نظرية عمل الدائرة:

بغلق المفتـاح S0 يوصل جـهـد المنبع من ~220V إلى أطراف الملف الابتـدائى للمحول T_1، حيث يتم بواسطة المحول خفض ذلك الجهد إلى ~6V على أطراف الملف الثانوى. حيث تقوم دائرة قنطرة توحيد الموجة الكاملة والمكونة من الموحدات $D_1...D_4$ بتوحيد هذا الجهد، ويرشح خرج القنطرة بواسطة مكثف الترشيح C_7 وقيمة الجهد على طرفى C_7 تساوى $6\sqrt{2}$ V . هذا الجهد يعتبر هو الجهد غير المنظم والموصل إلى دخل منظم الجهد IC_3 على طرف الدخل رقم (1)، حيث يقوم منظم الجهد بتثبيت وتنظيم هذا الجهد فنحصل فى خرج المنظم على جهد قيمته +5V يستخدم لتغذية دائرة الجهاز شكل (٥ – ١٧).

* الشكل (٥ – ٢٠) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية لدائرة الجهاز .



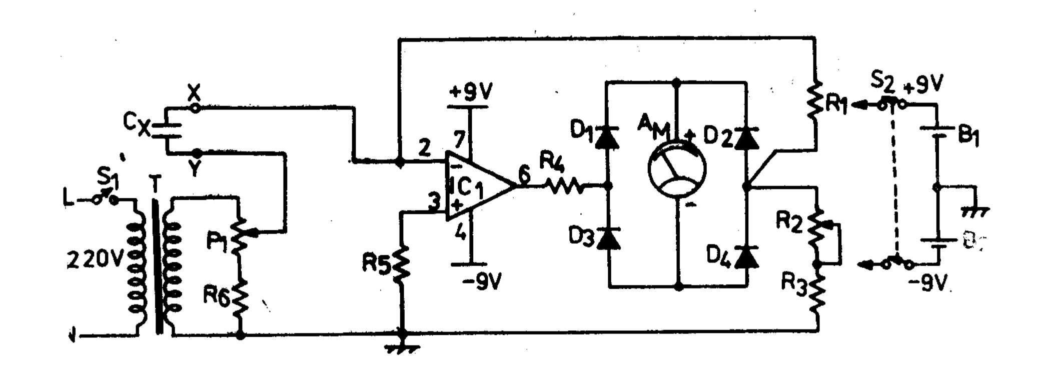
IC1
IC2
IC3
R1
R2
R3
R4
R5
R6
S1a
S1b
S2
S3
P1
P2
P3
P4
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
CX
10X
1X
D1
D2
D3
D4
220V
T
M



شكل (٥ - ٢٠)

الدائرة رقم (٣٢)

الشكل (٥ – ٢١) يعرض دائرة لجهاز قياس سعة المكثفات .



شكل (٥ – ٢١)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 0.5W/100KΩ	R_1
مقاومة كربونية متغيرة 1W/1.5KΩ	R_2
مقاومة كربونية 0.5W/470Ω	R_3
مقاومة كربونية 0.5W/2.7KΩ	R_4
مقاومة كربونية 0.5W/10KΩ	R_5
مقاومة كربونية 1W/10Ω	R_6
مقاومة كربونية متغيرة 1W/100Ω	P_1
موحد جرمانيوم طراز AA116	$D_1 : D_4$
مكبر عمليات طراز op-amp 741	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
محول خافض له نسبة تحويل 250mA-220/4V	T_1
جهاز قياس تيار 1mA	A_M
المكثف المراد قياس سعته	C_x

نظرية عمل الدائرة :

بواسطة هذه الدائرة يمكننا قياس سعات المكثفات التى تقع خلال المدى (100PF:10μF) . ومكبر العمليات IC1 الموصل بالدائرة يعمل كمكبر عاكس ويعطى كسباً يساوى الوحدة إذا تساوت كل من إعاقة المكثف المراد قياس سعته Cx مع R_1 .

$$A = R1/Zcx$$

حيث إن :

R_1 هى مقاومة التغذية العكسية (100KΩ) .

Zcx هى إعاقة المكثف المراد قياس سعته بالأوم .

A كسب المكبر العاكس IC_1 .

كما أن إعاقة المكثف تحسب من العلاقة :

$$Zcx = 1/wc = 1/2\pi FC$$

حيث إن :

Zcx إعاقة المكثف المراد قياس سعته بالأوم Ω .

F التردد الذى يعمل عنده المكثف بالهرتز HZ .

C سعة المكثف بالفاراد .

π ثابت عددى قيمته 3.14 .

فإذا فرضنا أن دخل الدائرة عبارة عن موجة جيبية جهدها Vrms =1V وترددها حوالى 1.8KHZ فإن إعاقة المكثف الذى سعته 1000 PF تساوى 100KΩ . أى تساوى قيمة المقاومة R_1 الموجودة بالدائرة . وفى هذه الحالة يكون كسب المكبر يساوى الوحدة وتكون قراءة جهاز القياس AM تساوى كامل تدريج الجهاز (F. S. D) . فإذا قلت سعة المكثف بمعدل 1/10 أى أصبحت 100PF فإن إعاقة ذلك المكثف ستزيد بمعدل X10 أى تساوى 1MΩ وعلى ذلك يقل كسب المكبر إلى

0.1 وتصبح قراءة جهاز القياس المناظرة لهذا التغير 1/10 من كامل تدريج الجهاز (F.S.D $\frac{1}{10}$)

مما تقدم يمكن القول أن قراءة جهاز القياس تمثل علاقة خطية مع سعة المكثف المراد قياس سعته Cx . والجدول (٥-٤) يوضح قيم تردد موجة الدخل وجهد موجة الدخل المناظر لسعة المكثف التى تعطى علاقة خطية مع قراءة جهاز القياس . حيث تعاير الدائرة تحت تلك القيم . بحيث يضبط جهد وتردد الدخل على أى من القيم الموجودة .

الجدول (٥ - ٤)

سعر المكثف Cx (F)	جهد الدخل Vrms	تردد الدخل F(HZ)
100PF	1V	18KHZ
1000PF	1V	1.8KHZ
0.01μF	1V	180HZ
0.1μF	1V	18HZ
1μF	100mV	1.8HZ

فإذا وصل مكثف سعته تساوى السعة المناظرة للجهد والتردد الذى تم اختياره وبالتحكم فى قيمة المقاومة المتغيرة R_2 سنحصل من جهاز القياس على قراءة تمثل كامل التدريج (F.S.D) وتصبح الدائرة مهيأة للعمل فى الوضع الذى يمثل العلاقة الخطية بين سعة المكثف وقراءة جهاز القياس .

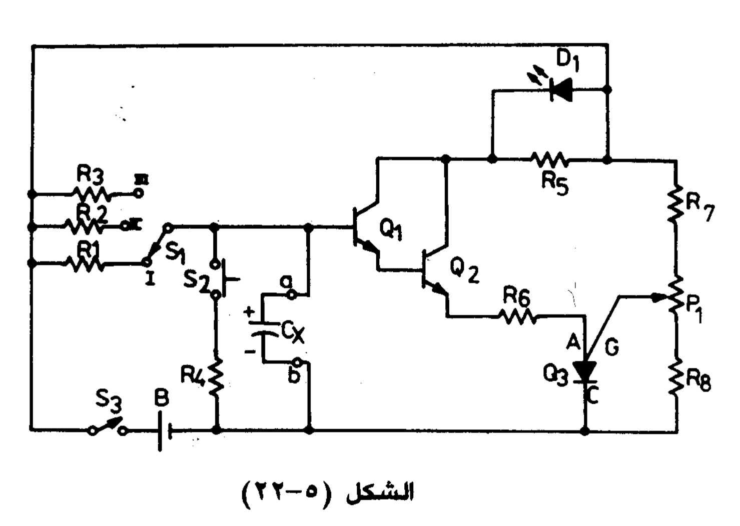
الدائرة رقم (٣٣)

الشكل رقم (٥-٢٢) يعرض دائرة جهاز قياس سعة المكثفات الكيميائية .

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 0.5W/1MΩ	R_1
مقاومة كربونية 0.5W/100KΩ	R_2
مقاومة كربونية 0.5W/10KΩ	R_3
مقاومة كربونية 0.5W/74KΩ	R_4

مقاومة كربونية 0.5W/7.4KΩ	R_5
مقاومة كربونية 0.5W/820Ω	R_6
مقاومة كربونية 0.5W/15KΩ	R_7
مقاومة كربونية 0.5W/12KΩ	R_8
مقاومة كربونية متغيرة 1W/10KΩ	P_1
موحد مشع باعث للضوء 50mA	D_1
ترانزستور NPN طراز 2N3904	Q_1,Q_2
ترانزستور PUT طراز 2N6027	Q_3
مفتاح قطب واحد ثلاث سكك	S_1
ضاغط بريشة مفتوحة	S_2
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_3
بطارية 12V	B
ساعة إيقاف	W
المكثف المراد قياس سعته	Cx



الشكل (٥-٢٢)

نظرية عمل الدائرة:

تتوقف نظرية عمل الدائرة على معرفة الزمن بالثانية اللازم لشحن المكثف Cx إلى حد معين، وكذلك على قيمة المقاومات التى يشحن المكثف

من خلالها (R_3 أو R_2 أو R_1) وحاصل ضرب زمن شحن المكثف فى قيمة المقاومة يعطى سعة المكثف بالميكروفاراد .

وزمن شحن المكثف يبدأ من بداية تشغيل الدائرة بتوصيل المفتاح S_3 فى وضع ON إلى أن يضىء الموحد الباعث للضوء D_1 وهذا الزمن يكون بالثانية، ويمكن حسابه باستخدام ساعة إيقاف .

أما قيم المقاومات R_1,R_2,R_3 فإنه قد تم اختيارها بحيث تعطى نسبة بين سعة المكثف والزمن مقدارها 1µF/Sec والمقاومة R_2 بالمثل تعطى نسبة تقدر بحوالى 10µF/Sec أما نسبة المقاومة R_3 فتساوى 100µF/Sec .

فبتوصيل المكثف المراد قياس سعته بين النقطتين a, b حيث يوصل الطرف الموجب للمكثف مع نقطة a والطرف السالب مع نقطة b ثم يتم اختيار وضع المفتاح S_1 على أحد الأوضاع الثلاثة (III, II, I) . ونبدأ فى تشغيل الدائرة وذلك بغلق المفتاح S_3 توصل البطارية B_1 إلى الدائرة ويمر فيها تيار كهربى يقوم بشحن المكثف Cx عن طريق المقاومة التى تم اختيارها بواسطة S_1، وترتفع شحنة المكثف تدريجيًا إلى أن تصل إلى حد معين يتم التحكم فيه بواسطة المقاومة المتغيرة P_1، فتمر هذه الشحنة عن طريق Q_1 ، Q_2 إلى أنود الترانزستور Q_3 (PUT) فبمرور التيار خلال R_6,Q_2 إلى أنود (A) Q_3 يؤدى ذلك إلى مرور هذا التيار عبر D_1 الذى يعطى إضاءة دلالة على أن زمن شحن المكثف يبدأ من بداية تشغيل الدائرة إلى إضاءة D_1 .

فعلى سبيل المثال إذا كان الزمن من بداية تشغيل الدائرة إلى إضاءة D_1 يقدر بحوالى 20Sec وكان S_1 موصل مع المقاومة R_3 فإن سعة المكثف تكون

$$C = 20\ Sec \times 100\ \mu F/Sec$$

$$= 2000\ \mu F$$

معايرة الجهاز:

لمعايرة الجهاز يستخدم مكثف معلوم السعة وليكن 22µF (مكثف كيميائى) ويوضع S_1 على الوضع I ونسبة هذا الوضع تساوى 1µF/Sec وتضبط P_1 عند المنتصف . ثم يغلق المفتاح S_3 ويقاس الزمن من بداية تشغيل الدائرة إلى إضاءة الموحد D_1، فإذا كان الزمن يساوى 22Sec تكون الدائرة مضبوطة .

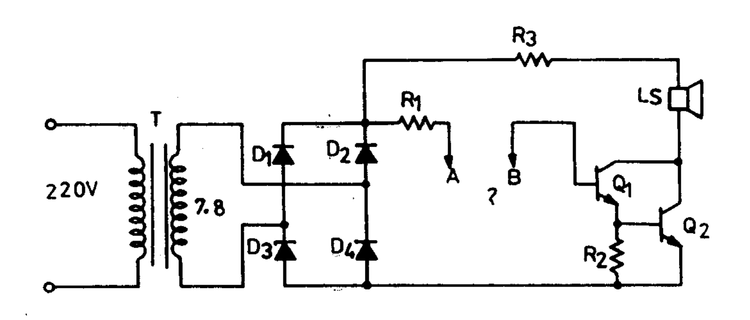
أما إذا كان الزمن أعلى من 22Sec تحرك النقطة المتحركة للمقاومة P_1 إلى أسفل، وإذا كـان الزمن أقل من 22Sec تحرك النقطة المتحركة للمقاومة P_1 إلى أعلى، حتى يتم ضبط الزمن عند 22Sec تماماً.

كما أنه يمكن إجراء ذلك مرة أخرى مع مكثف سعته معلومة، ويكون الزمن المضبوط محدداً على أساس النسبة المضبوط عليها المفتاح S_1. بعد كل قياس يجب الضغط على الضاغط S_2 لتفريغ المكثف الموصل بالدائرة إلى أرضى الدائرة عن طريق المقاومة R_4.

٥ / ٩ - أجهزة اختبار الاتصال

الدائرة رقم (٣٤)

الشكل (٥-٢٣) يعرض دائرة بسيطة لجهاز اختبار الاتصال



الشكل (٥-٢٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 1.5W/10KΩ	R_1
مقاومة كربونية قيمتها 1.5W/1KΩ	R_2
مقاومة كربونية قيمتها 1W/30Ω	R_3
موحد سليكونى طراز 1N4001	$D_1 : D_4$

ترانزستور NPN طراز BC 549	Q_1
ترانزستور NPN طراز BD 139	Q_2
محول له نسبة تحويل 50mA-220/7.5V	T
سماعة مقاومتها 8Ω وقدرتها 150W	L.S

نظرية عمل الدائرة:

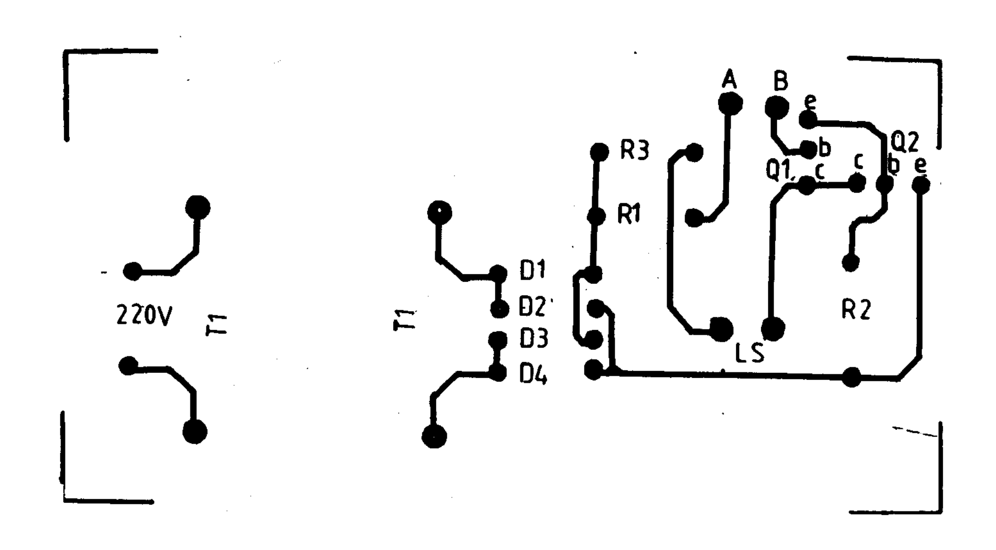
عند تنفيذ الدوائر المطبوعة ينصح بعدم وجود دائرة مفتوحة (Open) أو دائرة قصر (Short) في غير موضعها الطبيعي في الدائرة، وذلك قبل توصيل أو تثبيت العناصر الالكترونية عليها. والجهاز الذى نحن بصدده هو ببساطة يساعد على اكتشاف ذلك العطب بسهولة وبدون أن يستدعى ذلك أخذ قراءة فى كل قياس أو النظر إلى تدريج جهاز قياس الأوم. ولكن فقط عند القياس إذا كانت هناك دائرة قصر سيصدر صوت من السماعة وعند وجود دائرة مفتوحة فلن يسمع هذا الصوت.

يتم تغذية دائرة الجهاز عن طريق دائرة توحيد الموجة الكاملة المكونة من الموحدات $D_1..D_4$. وكما يلاحظ أن جهد المصدر 50HZ وعلى ذلك فإن خرج دائرة التوحيد عبارة عن جهد مستمر محمل عليه جهد تموج تردده حوالى 100HZ يوصل إلى السماعة مباشرة عن طريق R_3 التى تعمل كمحدد لتيار السماعة؛ مما يؤدى إلى صدور صوت مسموع من السماعة عند اتصال A,B.

فعندما يكون هناك دائرة قصر بين طرفى القياس A,B يمر تيار عبر المقاومة R_1 إلى قاعدة الترانزستور Q_1 فيتحول إلى حالة التوصيل ON فيمرر تيار يؤدى إلى انحياز قاعدة Q_2 انحياز أمامى فيوصل هو الآخر. وعلى ذلك يمر تيار فى السماعة L.S عبر الترانزستور Q_2 وبمرور هذا التيار يصدر من السماعة دالاً على وجود دائرة قصر (Short) بين الطرفين A, B.

أما إذا لم يكن هناك صوت صادر من السماعة فإن هذا يعنى أن هناك دائرة مفتوحة بين طرفى القياس A,B.

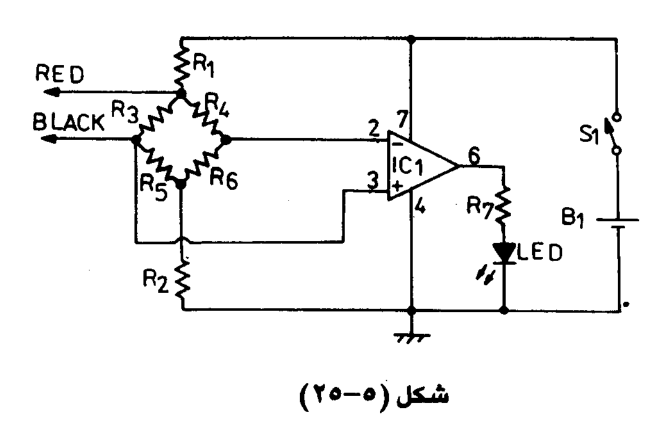
* الشكل (٥ – ٢٤) يعرض مخطط التوصيلات الخلفية للجهاز.



شكل (٥-٢٤)

الدائرة رقم (٣٥)

الشكل (٥ – ٢٥) يعرض الدائرة العملية لجهاز اختبار الاتصال بين نقطتين.



شكل (٥–٢٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.5W/4.7KΩ	R1, R2
مقاومة كربونية 0.5W/220Ω	R3, R5, R6
مقاومة كربونية 0.5W/100Ω	R4
مقاومة كربونية 0.5W/1.5KΩ	R7
موحد باعث للضوء منخفض القدرة 5mA	LED
مكبر عمليات طراز 741	IC1
بطارية 9V	B1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S1

نظرية عمل الدائرة:

عندما تكون المقاومة بين طرفى الجهاز أقل من 100Ω؛ فإن الموحد المشع LED سيعطى إضاءة. حيث يتم تغذية مدخلى مكبر العمليات من قنطرة هويتسون وهذه القنطرة صممت بحيث تكون غير متزنة ذلك لأن اتزان القنطرة يتحقق عندما يكون:

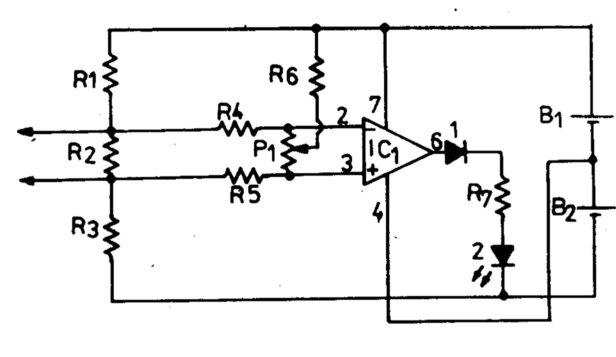
$$\frac{R_3}{R_5} = \frac{R_4}{R_6}$$

وهذا بالطبع غير متحقق، وبالتالى سيتواجد فرق فى الجهد بين مدخلى القنطرة وهذا الفرق يجعل جهد المدخل العاكس أعلى من جهد المدخل غير العاكس، وبالتالى يكون خرج المكبر مساوياً للصفر؛ (لأن المكبر يغذى من مصدر أحادى).

أما فى حالة ملامسة طرفى الجهاز لنقطتين بينهما اتصال يصبح جهد المدخل غير العاكس أعلى من جهد المدخل العاكس فيصبح خرج المكبر عالياً فيضىء LED .

الدائرة رقم (٣٦)

الشكل (٥ – ٢٦) يعرض الدائرة العملية لجهاز اختبار الدوائر المطبوعة .



شكل (٥ – ٢٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.5W/22KΩ	R1,R3
مقاومة كربونية 0.5W/10Ω	R2
مقاومة كربونية 0.5W/1KΩ	R4,R5
مقاومة كربونية 0.5W/470K Ω	R6
مقاومة كربونية 0.5W/470Ω	R7
مقاومة متغيرة 1W/10KΩ	P1
موحد سليكونى طراز 1N4148	D1
موحد باعث للضوء 5mA	D2

دائرة متكاملة مكبر عمليات طراز 709	IC_1
بطارية جافة 9V	B_1 , B_2

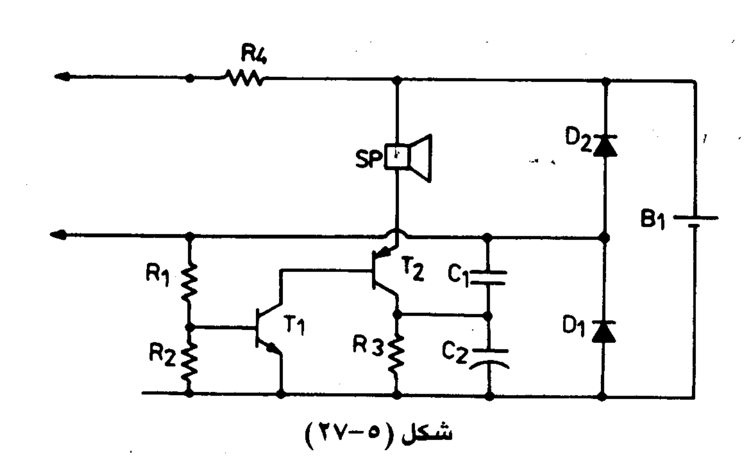
نظرية عمل الدائرة

عادة فإن اختبار الاتصال بين النقاط بواسطة جهاز الأوميتر لا يعطى نتائج صحيحة فى حالة وجود أشباه موصلات فى الدائرة، كما أن جهد الأوميتر قد يؤدى إلى تلف بعض أشباه الموصلات. وبهذا الجهاز الذى نحن بصدده فإن هذه المشاكل سوف تختفى، حيث إن الجهاز لا يرى المقاومات الأكبر من 1Ω، كما أن جهد القياس لا يتعدى 2mV، وأقصى تيار قياس أقل من 200µA ويتم الإشارة بواسطة موحد باعث للضوء.

كما أنه يمكن ملاشاة حيود المكبر بواسطة المقاومة P_1 حيث يعمل المكبر كمقارن، ففى الوضع الطبيعى يكون جهد المدخل العاكس أعلى من جهد المدخل غير العاكس وبالتالى يكون خرج المكبر سالبًا فلا يضىء الموحد الباعث للضوء D_2 ولكن بمجرد توصيل أطراف الجهاز مع نقطتين بينهما اتصال أقل من 1Ω يصبح جهد المدخل غير العاكس أعلى من جهد المدخل العاكس، ويمكن الحصول على ذلك بمعايرة الجهاز عن طريق المقاومة المتغيرة P_1، فيصبح خرج المكبر موجبًا ويضىء الموحد الباعث للضوء D_2 ليدل على أن هناك اتصالاً Short بين النقطتين على أطراف دخل الجهاز.

الدائرة رقم (٣٧)

الشكل (٥-٢٧) يعرض دائرة اختبار الاتصال وتستخدم لاختبار الدوائر الالكترونية.



شكل (٥-٢٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W/150K	R_1
مقاومة كربونية 0.33W/180KΩ	R_2
مقاومة كربونية 0.33/10Ω	R_3
مقاومة كربونية 0.33V/10KΩ	R_4
مكثف بوليستر سعته 47nF	C_1
مكثف كيميائى سعته 10V/1µF	C_2
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1,D_2
ترانزستور NPN طراز Bc 107	T_1
ترانزستور PNP طراز Bc 161	T_2
سماعة 8Ω	SP
بطارية 9V	B_1

نظرية عمل الدائرة

يعمل الترانزستورين T_1,T_2 بالإضافة إلى العناصر C_1,R_1,R_4 كمذبذب؛ بينما يستخدم الموحدان D_2,D_1 لحماية الجهاز من الدائرة المختبرة، كما أنه لا يزيد التيار المار

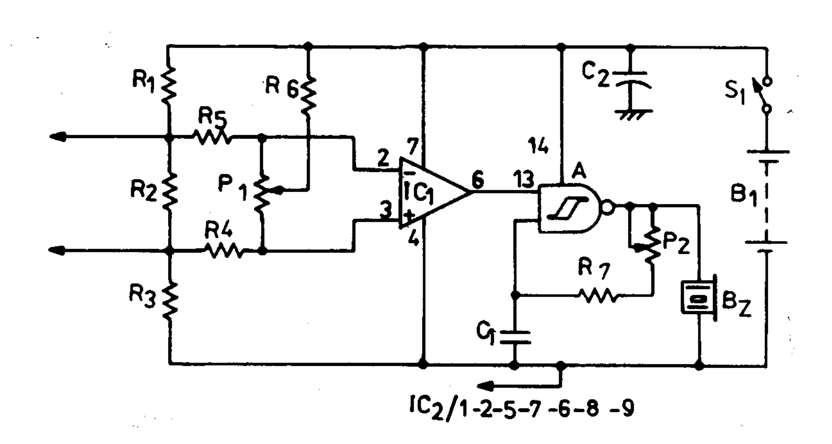
عبر أطراف الجهاز أثناء الاختبار عن 50μA؛ لذلك يمكن استخدام هذه الدائرة فى اختبار الدوائر الالكترونية والتى تحتوى على دوائر متكاملة وعناصر MOS بدون أن يحدث أى تلف لتلك العناصر.

كما أن بطارية الدائرة يمكن أن تظل تعمل لفترة طويلة، حيث إن الدائرة لا تسحب أى تيار مادام ليس هناك اتصال بين طرفيها.

وعند حدوث اتصال بين نقطتى دخل الدائرة يؤدى هذا إلى مرور تيار فى ملف السماعة عن طريق الترانزستور T_2 ويكون التيار متقطعًا نظرًا لتغير حالة الترانزستورين بين التوصيل والفصل، وبالتالى يصدر صوت من السماعة دالاً على وجود دائرة قصر Short بين طرفى دخل الجهاز.

الدائرة رقم (٣٨)

الشكل (٥-٢٨) يعرض دائرة جهاز اختبار الاتصال فى الدوائر المطبوعة. ويصدر هذا الجهاز صوتًا رنانًا عند وجود اتصال، وهذه الدائرة لا تختلف عن السابقة عدا أن الموحد الباعث للضوء تم استبداله بالرنان BZ.



الشكل (٥ - ٢٨)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.33W/22KΩ	R1 , R3
مقاومة كربونية 0.33/10KΩ	R2

مقاومة كربونية $0.33W/1K\Omega$	R_4, R_5, R_7
مقاومة كربونية $0.33W/470K\Omega$	R_6
مقاومة كربونية متغيرة $1W/10K\Omega$	P_1
مقاومة كربونية متغيرة $1W/2.5K\Omega$	P_2
مكثف بوليستر سعته 100 nF	C_1
مكثف كيميائى سعته $10V/10\mu F$	C_2
دائرة متكاملة (مكبر عمليات) طراز 741	IC_1
دائرة متكاملة أربع بوابات (Schmitt NAND) طراز 4093	IC_2
جرس رنان طراز PB 2740	BZ
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
بطارية 9V	B_1

نظرية عمل الدائرة:

يستخدم هذا الجهاز فى اختبار وجود اتصال بمقاومة لا تتعدى 1Ω، يصدر الجرس الرنان BZ صوتًا حيث يكون خرج مكبر العمليات عاليًا، ويعمل المذبذب المؤلف من البوابة A والمكثف C_1 والمقاومات R_7,P_2 ويكون تردده مساويًا:

$$F = 0.9/ (R_7+P_2) C_1$$

$$= 2850 \text{ HZ}: 10 \text{ KHZ}$$

ويكون الصوت الصادر من الرنان مناظرًا للتردد الصادر من المذبذب . ويتم ضبط الدائرة لتعطى صوتًا عندما تكون المقاومة بين أى نقطتين على دخل الجهاز أقل من أو تساوى 1Ω ، وذلك باستخدام المقاومة P_1 . كما أن المقاومة P2 تستخدم فى ضبط شدة الصوت الصادر من الرنان BZ .

٥ / ١٠- جهاز كشف تتابع الأوجه

من المعروف أنه إذا كان تتابع الأوجه صحيحًا فإن المحركات الاستنتاجية الثلاثية

الأوجه تدور فى اتجاه صحيح؛ ولكن إذا حدث خطأ فى اتجاه تتابع الأوجه فإن ذلك سيؤدى إلى حدوث انعكاس اتجاه دوران المحرك، مما يؤدى إلى حدوث مشاكل خصوصاً مع المحركات التى تدير أحمالاً خاصة مثل المضخات والضواغط الهوائية... الخ.

الدائرة رقم (٣٩)

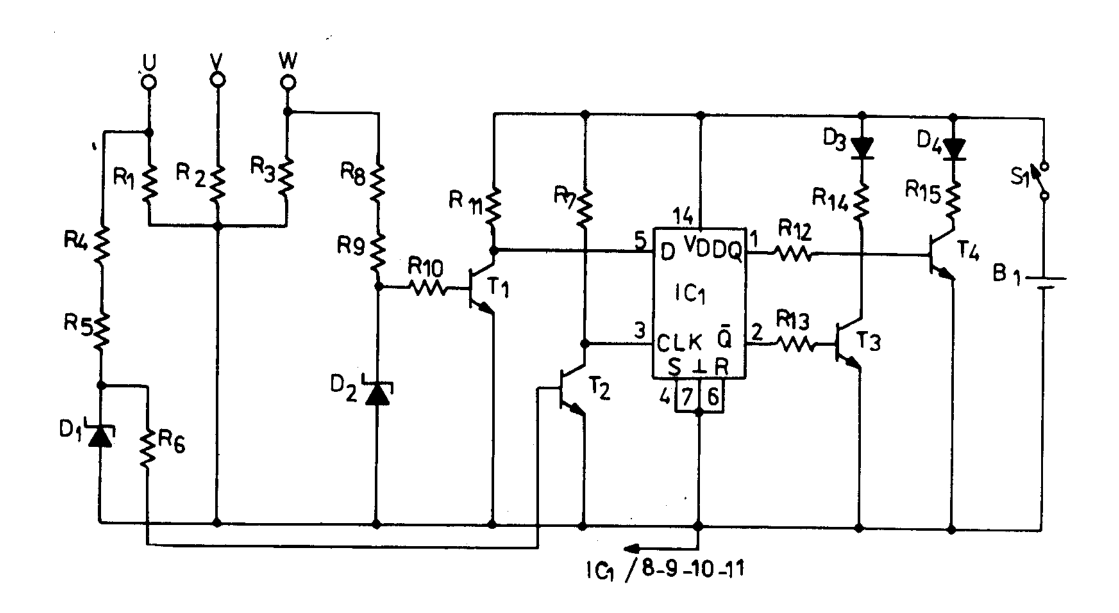
الشكل (٥ - ٢٩) يعرض دائرة جهاز كشف تتابع الأوجه.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 0.5W/15KΩ	R_1, R_2, R_3
مقاومة كربونية 0.5W/120KΩ	R_4, R_5, R_8, R_9
مقاومة كربونية 0.5W/10KΩ	R_6, R_7, R_{10}, R_{11}
مقاومة كربونية 0.5W/680Ω	R_{14}, R_{15}
موحد زينر جهده 400mW/4.7V	D_1, D_2
موحدات باعثة للضوء 10mA	D_3, D_4
ترانزستور NPN طراز BC 107	$T_1 : T_4$
بطارية 9V	B_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
دائرة متكاملة طراز 4013 تحتوي على قلابين (D.F.F)	IC_1

نظرية عمل الدائرة:

يتم توصيل الأطراف الثلاثة للمحرك U,V,W مع المداخل U,V,W لهذا الجهاز فإذا كان تتابع الأوجه صحيح فإن الموحد الأخضر D_4 سوف يعطى إضاءة. أما إذا كان تتابع الأوجه غير صحيح فإن الموحد الأحمر D_3 سوف يعطى إضاءة ويعتمد عمل الدائرة على أنه من خواص الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربى، عندما يكون تتابع الأوجه صحيح فإنه فى اللحظة التى يكون فيها جهد أحد الأوجه يساوى صفراً فإن


U
V
W
R1
R2
R3
R8
R9
R10
R4
R5
D1
R6
D2
R11
T1
R7
T2
14
5
D
VDD
Q
1
IC1
3
CLK
Q̄
2
S
⊥
R
4
7
6
R12
R13
T3
D3
R14
D4
R15
T4
S1
B1
IC1 /8-9-10-11

شكل (٥-٢٩)

جهد أحد الوجهين التاليين يكون موجبًا والآخر سالبًا. وبواسطة المقاومات $R_1, R_2,$ R_3 يمكن الحصول على خط التعادل، والذى يتم توصيله بسالب البطارية، وكلما كان جهد الوجه (U) ينتقل من موجب إلى سالب (الانتقال من صفر إلى جهد سالب) يتحول التزانزستور T_2 من حالة الوصل إلى حالة القطع فيدخل على مدخل الساعة clock نبضة موجبة (H) وفى حالة التتابع الصحيح للأوجه يكون جهد الوجه (w) بالسالب وبالتالى تكون حالة مداخل البيانات D عالية (H) (لأن الترانزستور T_1 سيكون فى حالة قطع) فيصبح الخرج Q للقلاب عاليًا (H) فيتحول الترانزستور T_4 لحالة الوصل ويضىء الموحد الأخضر D_4 للدلالة على أن التتابع صحيح.

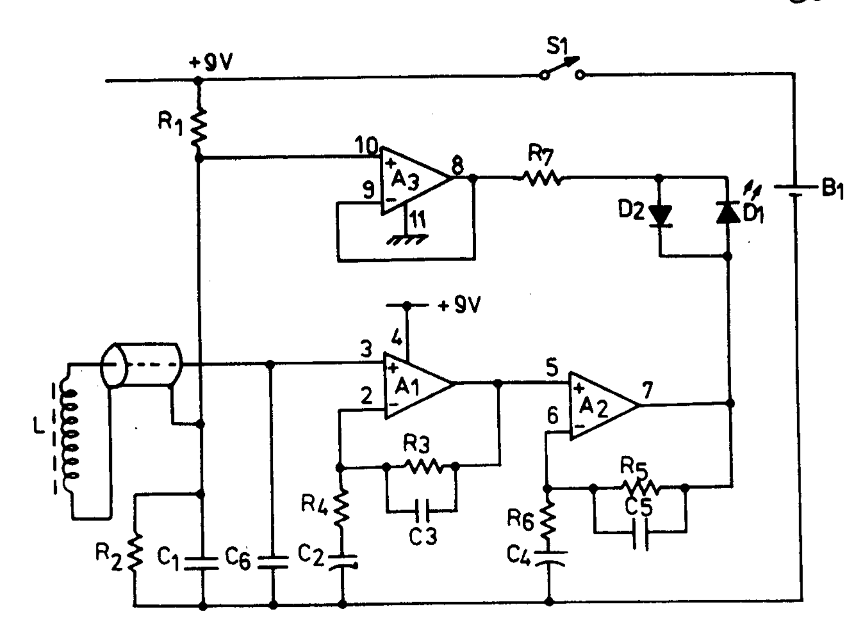
أما فى حالة تتابع الأوجه غير الصحيح فإن جهد الوجه (w) سيكون بالموجب وبالتالى تكون حالة مدخل البيانات D منخفضة (L)؛ ذلك لأن T_1 سيكون فى حالة توصيل، ومن ثم يصبح حالة الخرج $\bar{Q}_1$ للقلاب D عاليًا (H) فيتحول T_3 لحالة الوصل فيضىء الموحد الأحمر D_3 للدلالة على أن التتابع غير صحيح. ولمعالجة ذلك يتم تبديل أحد الأوجه مثل تبديل الوجه الموصل بالطرف (U) للمحرك مع الوجه المتصل بالطرف (V) للمحرك.

موحدات الزينر D_1, D_2 تعمل على حماية الترانزستورات T_1, T_2 من الجهود العالية بين القاعدة والباعث (V_{BE}). كما أنه ينصح بوضع الدائرة فى غلاف من البلاستيك لمنع الإصابة بالصدمة الكهربية.

٥ / ١١- جهاز كاشف مسار التيار

الدائرة رقم (٤٠)

الشكل (٥ – ٣٠) يعرض دائرة جهاز كاشف مسار التيار المتردد للمصدر الكهربى .



الشكل (٥ – ٣٠)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 100K Ω	R_1, R_2
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 47K Ω	R_3, R_5
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 1K Ω	R_4, R_6
مقاومة كربونية قيمتها 0.5w / 680 Ω	R_7
مكثف بوليستر سعته 100 nF	C_1
مكثف كيميائى سعته 16V / 10μF	C_2, C_4
مكثف بوليستر سعته 10 nF	C_3, C_6
موحد باعث للضوء 10 mA	D_1

موحد سليكونى طراز 1N4148	D_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربعة مكبرات طراز LM 324	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
بطارية جافة 9V	B_1
سماعة تليفون	L_1

نظرية عمل الدائرة

عند تقريب سماعة التليفون L من أحد الموصلات التى تحمل تياراً كهربياً متردداً تردده فى حدود 50 HZ، فإن المجال المغناطيسى المتولد من مرور التيار يولد جهداً صغيراً فى السماعة، يتم تكبير هذا التيار بواسطة المكبرين A_2, A_1 وهما يعملان كمكبرات غير عاكسة، وقد اختيرت قيم المكثفات C_2.........C_5 لتعطى أعلى تكبير عند تردد 50 HZ . ويضيء الموحد D_1 أثناء النصف الموجب لموجه المصدر.

الملاحـــق

ملحق رقم (١)

تنفيذ المشاريع الالكترونية

يمكن تنفيذ المشاريع الالكترونية باستخدام:

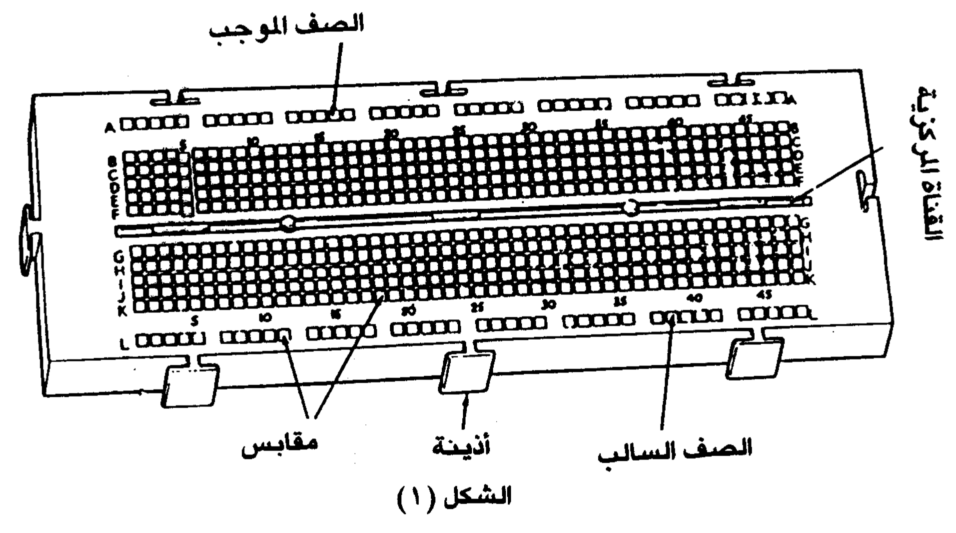
١- لوحة التجارب Bread Board .

٢- لوحات الدوائر المطبوعة (P. C. B) .

٣- اللوحات المثقبة Matrix Boards .

١ - لوحة التجارب Bread Board

لوحة التجارب هى لوحة تستخدم فى تنفيذ الدوائر الالكترونية بدون لحام ويمكن بسهولة تبديل عنصر مكان عنصر لمعرفة التأثير الناتج عن هذا التغيير فى أداء الدائرة. والشكل رقم (١) يبين أحد نماذج لوحات التجارب.



الشكل (١)

يحتوى هذا النموذج على 12 صفًا، والصف العلوى والسفلى يتكون كل منهما من 40 قابسًا متصلة فيما بينها لكل صف. ويخصص الصف العلوى عادة للجهد الموجب للدائرة الالكترونية؛ فى حين يخصص الصف السفلى للجهد السالب أما

باقى الصفوف العشرة فيحتوى كل منها على 50 قابسًا وتتصل مقابس كل عمود أعلى القناة المركزية معًا، وكذلك تتصل مقابس كل عمود أسفل القناة المركزية معًا فمثلاً تتصل المقابس B10, C10, D10, E10, F10 معًا وكذلك تتصل المقابس G5, H5, I5, J5, K5 معًا. وهكذا.

حيث إن G5 يعنى القابس الموجود فى الصف G والعمود رقم 5.

ويزود هذا النموذج بمجموعة من الأذينات والشقوق على الجوانب الأربعة للوحة لغرض تجميع أكثر من لوحة تجارب معًا لعمل لوحة تجارب ذات مساحة كبيرة لإمكان تنقيذ الدوائر الالكترونية الكبيرة عليها.

والجدير بالذكر أنه لا يعتمد على لوحات التجارب فى تنفيذ المشاريع الالكترونية عليها بشكل نهائى بل تستخدم فقط فى اختبار الدائرة قبل تنفيذها باستخدام لوحات الدوائر المطبوعة أو اللوحات المثقبة أو أى نوع آخر من لوحات التنفيذ النهائى.

٢- لوحات الدوائر المطبوعة (P. C. B):

تصنع هذه اللوحات من الفيبر أو البكاليت أو الألياف الزجاجية وتغطى أحد وجهيها أو كليهما بطبقة رقيقة من النحاس. **وتنقسم إلى:**

أ- لوحات بوجه واحد من النحاس.

ب- لوحات بوجهين من النحاس.

جـ- لوحات بوجه نحاسى مغطى بطبقة حساسة للضوء (فوتوغرافى).

د- لوحات بوجهين من النحاس المغطى بطبقة حساسة للضوء (فوتوغرافية).

أولاً: خطوات تنفيذ المشاريع الالكترونية على لوحة بوجه واحد من النحاس.

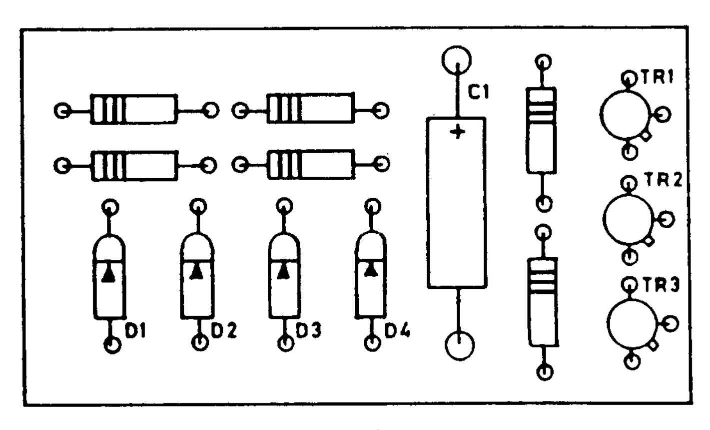
هناك عدة مراحل يجب اتباعها لتنفيذ المشاريع الالكترونية على هذا النوع من اللوحات وهى:

أ - توزيع العناصر المستخدمة فى الدائرة:

تتم خطة توزيع العناصر المستخدمة فى دائرة المشروع الالكترونى المراد تنفيذه أولاً باستخدام ورقة من الشفاف تثبت على ورقة مربعات صغيرة محدد عليها الأبعاد

الحقيقية للوحة المستخدمة حيث ترسم المساقط الأفقية للعناصر الالكترونية المستخدمة بالأبعاد الحقيقية لكل عنصر داخل إطار لوحة التوصيل، كما أنه يجب مراعاة توزيع العناصر داخل إطار لوحة التوصيل توزيع مناسب بأسلوب يتيح الاستغلال الأمثل لمساحة اللوحة كما يجب أن يكون أحد محاور تلك العناصر موازيًا لأحد أبعاد لوحة التوصيل.

والشكل رقم (٢) يبين طريقة التنظيم الجيد للعناصر الالكترونية لأحد اللوحات النحاسية المستخدمة.



الشكل (٢)

ب - تصميم مخطط التوصيل.

تقلب ورقة الشفاف وتحدد نهايات أطراف توصيل العناصر الالكترونية والتى تمثل نقاط لحام (تثبيت) العناصر على لوحة التوصيل؛ ثم تحدد نقاط الدخل والخرج، وكذلك النقاط المساعدة كالتى يراد بواسطتها إجراء بعض القياسات على الدائرة أو توصيل أجهزة إلى الدائرة وما إلى ذلك.

ثم بالاستعانة بدائرة سير التيار للمشروع (الدائرة النظرية) يتم التوصيل بين تلك النقاط بما يحقق الهدف من الدائرة.

جـ- نقل مخطط التوصيل على الوجه النحاسى للوحة التوصيل.

بعد المراجعة والتأكد من صحة مخطط التوصيل الذى تم تنفيذه على ورقة الشفاف تطبق ورقة الشفاف على الوجه النحاسي للوحة التوصيل، على أن يكون

اتجاه مخطط التوصيل لأعلى، ثم توقع جميع نقاط مخطط التوصيل على الوجه النحاسى، وباستخدام الرموز والمسارات اللاصقة المختلفة كالمبينة شكل (٣) يتم فى البداية لصق نقاط تثبيت المقاومات والمكثفات والترانزستورات . . . إلخ فى أماكنها المحددة على لوحة التوصيل، ثم تلصق قواعد الدوائر المتكاملة، مع الأخذ فى الاعتبار اتجاه الرجل رقم (١) لأى دائرة متكاملة.

وبعد تثبيت جميع نقاط اللحام يتم التوصيل فيما بينها باستخدام المسارات اللاصقة والمناسبة للتيار المار فى الدائرة، وذلك كما هو موضح بالجدول رقم (١) والذى يوضح العلاقة بين شدة التيار المار وعرض المسار المستخدم.

الجدول (١)

التيار mA	< 500 mA	500 : 1500	1500 : 3000
عرض المسار mm	0.6	1.6	3

كما أنه يجب تجنب حدوث أى تقاطعات بين المسارات أو تلامس فيما بينها لتفادى حدوث دوائر قصر، وكذلك لصق نقاط التثبيت والمسارات بطريقة جيدة حتى لا تحدث داوئر مفتوحة فى مسار التيار مع الأخذ فى الاعتبار عدم ملامسة طبقة النحاس أثناء العمل بالأيدى مباشرة حتى لا تحدث مشاكل عند التحميض، ولذا يفضل لبس القفازات المرنة أثناء العمل.

د - التحميض والتثقيب

توضع لوحة التوصيل بعد الانتهاء من تنفيذ مخطط التوصيل على الوجه النحاسى وبصورة سليمة داخل كيس من البلاستيك ويصب عليها قليل من الحامض المستخدم [محلول كلوريد الحديد (350 جراماً من كلوريد الحديد +0.5 لتر ماء)]، ثم يغلق الكيس جيداً ويوضع فى ماء ساخن مع التحريك، على أن يكون اتجاه التوصيلات لأسفل وذلك للإسراع فى عملية التحميض.

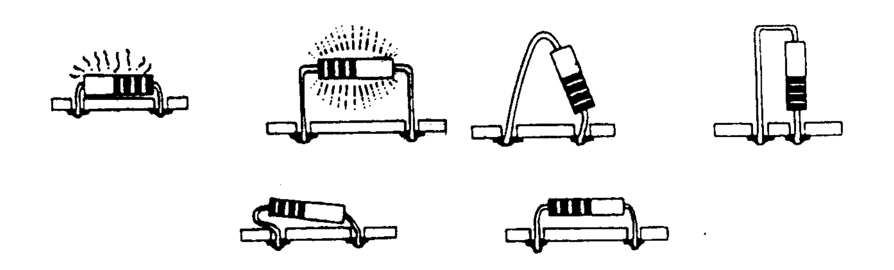
بعد التأكد من التخلص من طبقة النحاس غير المستخدمة تخرج اللوحة من الكيس البلاستيكى وتغسل تحت ماء جارٍ وتجفف، وباستخدام قطعة من ليف

السلك الناعم تزال نقاط التثبيت والمسارات اللاصقة برفق، ثم تغسل مرة أخرى وتجفف بسرعة وترش بمادة بلاستيكية لعدم أكسدة طبقة النحاس الممثلة لخطط التوصيل .

تثقب نقاط التوصيل بواسطة مثقاب خاص، وباستخدام ريشة لها قطر مناسب لنقطة التثبيت، حيث تمر تلك الريشة بالنقطة المفرغة الموجودة بمركز نقطة التثبيت .

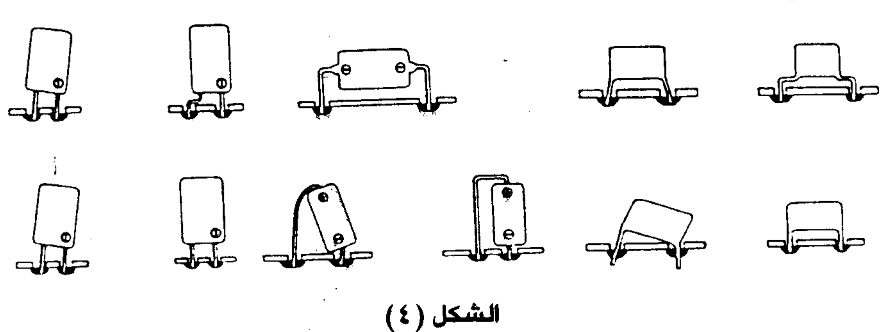
هـ - تثبيت العناصر الالكترونية

يفضل تثبيت العناصر الأنبوبية الشكل (مقاومات – ثنائيات) أفقياً فى حين ينصح بالتثبيت الرأسى عندما تكون مساحة اللوحة المستخدمة غير كافية (يراعى ذلك عند خطة توزيع المكونات على لوحة التوصيل) كما يجب المحافظة على مسافة معقولة بين العنصر واللوحة المطبوعة للتهوية الجيدة الشكل (٣) يبين طريقة التثبيت الصحيحة والخاطئة للمقاومات .



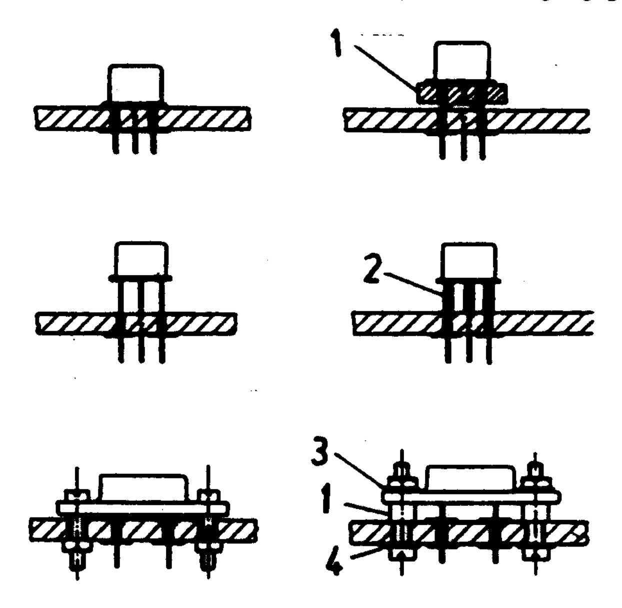
الشكل (٣)

أما الشكل (٤) فيبين طرق التثبيت الصحيحة والخاطئة لأنواع مختلفة من المكثفات .



الشكل (٤)

ويعرض كذلك الشكل (٥) طرق تثبيت الترانزستورات الصغيرة (أ)، وكذلك طرق تثبيت ترانزستورات القدرة (ب) .



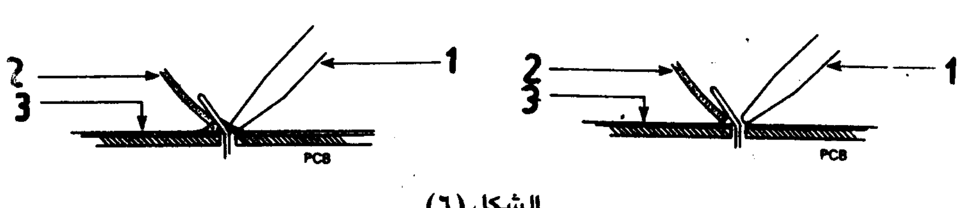
الشكل (٥)

حيث إن :

فاصل	1
جلبة	2
وردة زنبركية	3
وردة عادية	4

و - لحام العناصر الالكترونية

باستخدام القصدير وكاوية اللحام يتم تثبيت العناصر على اللوحة المطبوعة كما بالشكل (٦) .



الشكل (٦)

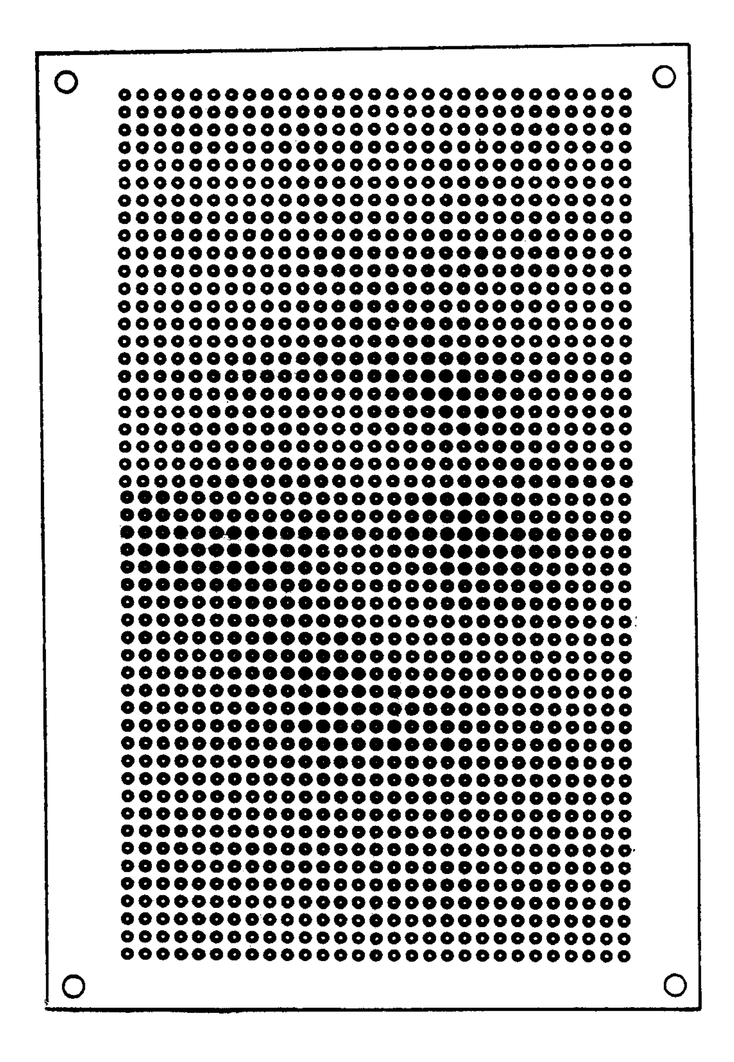
حيث إن :

سلاح كاوية اللحام	1
سلك القصدير	2
طبقة النحاس للوحة المطبوعة	3

٣ - اللوحات المثقبة

تستخدم اللوحات المثقبة فى تنفيذ المشاريع الالكترونية، وذلك لمن لم يتوفر لديهم الخبرات اللازمة لتنفيذ المشاريع الالكترونية على اللوحات المطبوعة (PCB)، وتصنع هذه اللوحات من الفيبرجلاس أو البكاليت ويثبت عليها نقاط توصيل نحاسية مثقبة على مسافات متساوية تساوى 0.1 بوصة، وبهذه الطريقة يمكن الحصول على اختيارات متعددة لأماكن العناصر الالكترونية مما يسهل عملية التوصيل فيما بينها، ويتم تثبيت العناصر الالكترونية من الوجه العلوى للوحة المثقبة، فى حين يتم عمل التوصيلات اللازمة بين العناصر الالكترونية باستخدام أسلاك نحاسية معزولة أو عارية مساحتها $0.5mm^2$ من الوجه الخلفى.

والجدير بالذكر أنه يمكن فك العناصر بعد تنفيذ المشروع وذلك لاستخدام اللوحة المثقبة فى مشروع آخر وهذا مالا يتحقق عند استخدام اللوحات المطبوعة والشكل (٧) يعرض نموذجاً للوحة مثقبة.



الشكل (٧)

ويعاب على اللوحات المثقبة انفصال نقاط النحاس إذا تعرضت لدرجات حرارة عالية؛ لذا يفضل استخدام كاويات لحام من النوع الذى يمكن التحكم فى درجة حرارته والمبين بالشكل (٨).

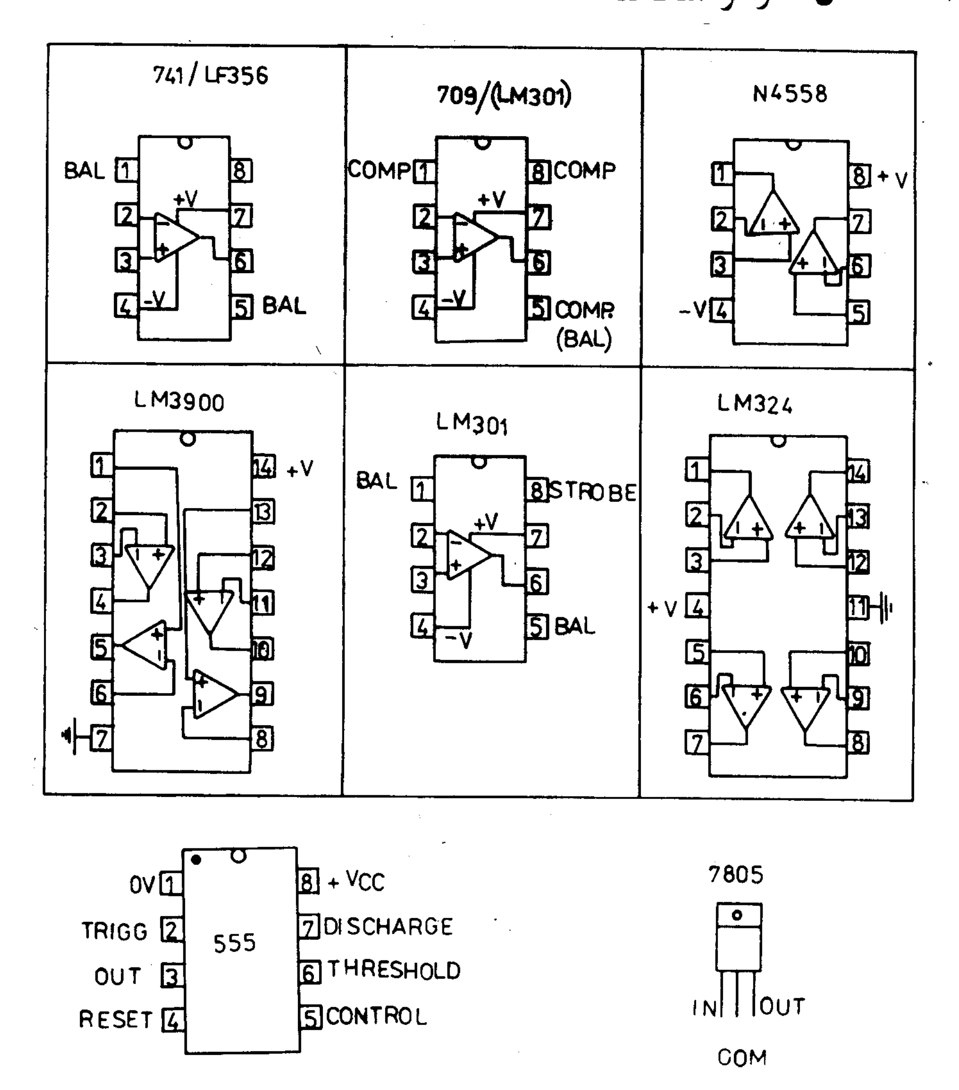


الشكل (٨)

ملحق - ٢

توزيع أرجل أشباه الموصلات المستخدمة فى المشاريع

١ - أشكال الدوائر المتكاملة



٢ - أشكال الترانزستورات والثايرستورات

BC107 BC108 BC161 BC177 C B E	BC 238 BC 308 C B E	BC549 BC557 E B C	BC206 E B C
BC157 C B E	2N3904 C B E	BD139 C B E	
2N6027 K G A	BF244B D G S		